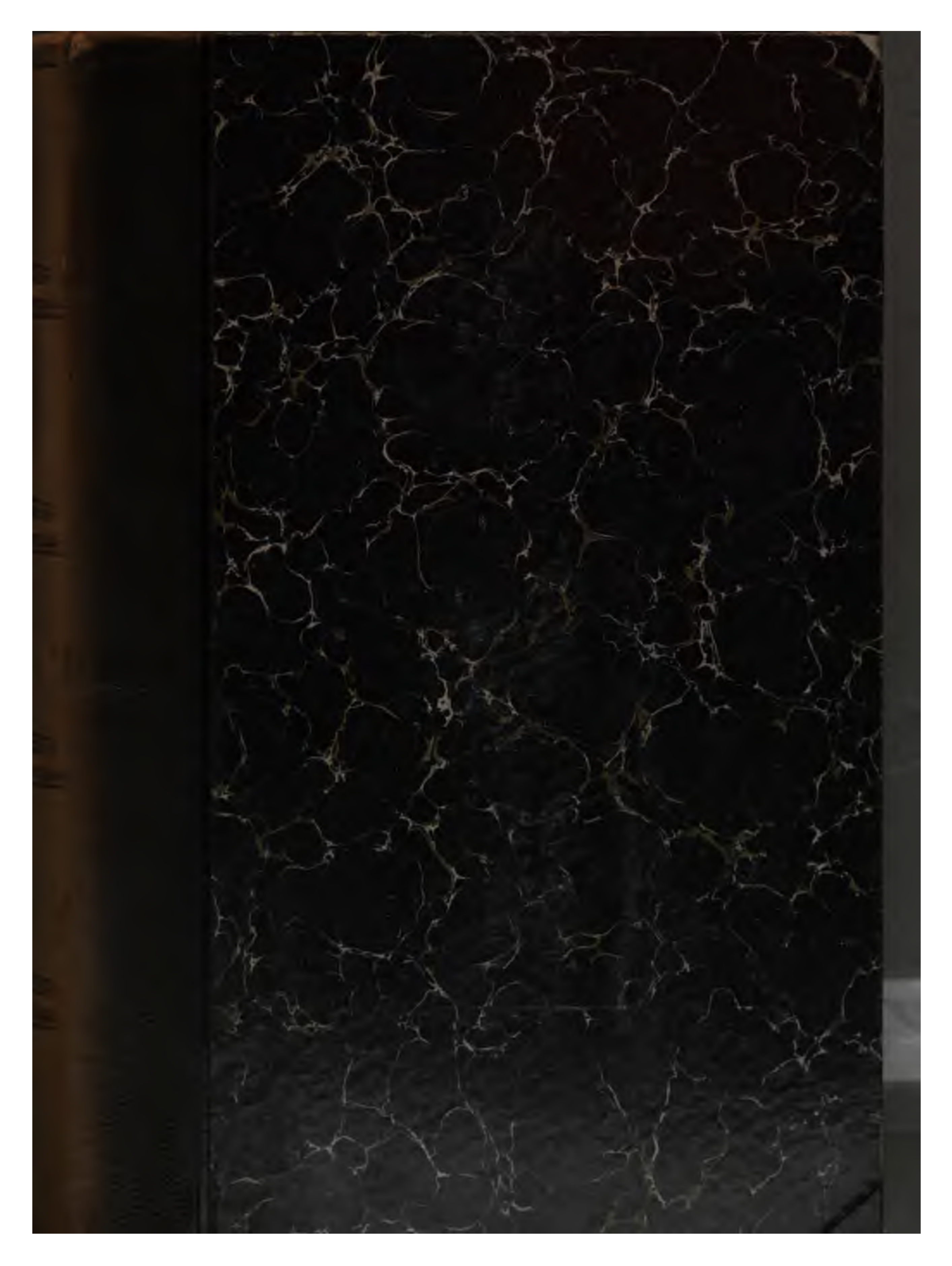


SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

SECHSUNDSECHZIGSTER BAND.

WIEN.

AUS DER K. K. HOF- UND STAATSDRUCKEREI.

IN COMMISSION BEI CARL GEROLD'S SOHN,
BUCHHÄNDLER DER KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

1872.

SITZUNGSBERICHTE

DER

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHEN CLASSE

DER KAISERLICHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

LXVI. BAND. I. ABTHEILUNG.

JAHRGANG 1872. — HEFT I BIS V.

(Mit 14 Tafeln und 2 Holzschnitten.)

WIEN.

AUS DER K. K. HOF- UND STAATSDRUCKEREI.

IN COMMISSION BEI CARL GEROLD'S SOHN,

BUCHHÄNDLER DER KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

1872.

INHALT.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

LXVI. Band.

ERSTE ABTHEILUNG.

6.

Enthält die Abhandlungen aus dem Gebiete der Mineralogie, Botanik, Zoologie, Geologie und Paläontologie.

XVI. SITZUNG VOM 6. JUNI 1872.

Herr Prof. Dr. Ew. Hering in Prag übersendet eine Abhandlung: „Zur Lehre vom Gesichtssinne. I. Mittheilung: Über successive Lichtinduction.“

Herr Prof. V. v. Lang überreicht eine Abhandlung vom Herrn Dr. Haldor Topsöe aus Kopenhagen, betitelt: „Krystallographisch-chemische Untersuchungen.“

Herr Prof. Dr. Th. Meynert übergibt eine Abhandlung: „Beitrag zur Kenntniss des *Thalamus opticus* und der ihn umgebenden Gebilde bei den Säugethieren,“ vom Herrn Auguste Forel.

An Druckschriften wurden vorgelegt:

American Academy of Arts & Sciences: Memoirs. New Series. Vol. X, Part 1. Cambridge & Boston, 1868; 4º.

— Association for the Advancement of Science: Proceedings XIX[th] Meeting. Cambridge, 1871; 8º.

Annales des mines. VII[e] Série. Tome I. 1[re] Livraison de 1872. Paris; 8º.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXIV, Nr. 21. Paris, 1872; 4º.

Gesellschaft, österr., für Meteorologie: Zeitschrift. VII. Band, Nr. 11. Wien, 1872; 4º.

— Königl. bayer. botanische, zu Regensburg: Flora. N. R. XXVII. & XXVIII. Jahrgang. Regensburg, 1869 & 1870; 8º. — Repertorium der periodischen botanischen Literatur. V. & VI. Jahrgang. 1868 & 1869. Regensburg, 1869 & 1870; 8º.

Jahres-Bericht der Lese- und Redehalle der deutschen Studenten zu Prag. Vereinsjahr 1871—72. Prag, 1872; 8º.

Koch, F. E., und C. M. Wiechmann, Die Mollusken-Fauna des Sternberger Gesteins in Mecklenburg. I. Abtheilung. Neubrandenburg, 1872; 8°.

Moniteur scientifique-Quesneville. 365e Livraison. Mai 1872. Paris; 4°.

Nature. Nr. 136, Vol. VI. London, 1872; 4°.

Pessina, Luigi Gabriele, Considerazioni sui movimenti del Sole ovvero conseguenze emergenti dal moto translatorio del Sole. Messina, 1872; 8°.

Philomathie in Neisse: XVII. Bericht. 1869—1872. Neisse, 1872; 8°.

Reichsanstalt, k. k. geologische: Verhandlungen. Jahrgang 1872, Nr. 9. Wien; 4°.

„Revue politique et littéraire“ et „La Revue scientifique de la France et de l'étranger“. Ire Année (2e Série), Nr. 49. Paris & Bruxelles, 1872; 4°.

Société géologique de France: Bulletin. 2e Série, T. XXVIII. 1871. Nr. 2. Paris 1870 à 1871; 8°.

Society, The Chemical, of London: Journal. N. S. Vol. X, February—April 1872. London; 8°.

Soret, J. Louis, François-Jules Pictet. Notice biographique. (Arch. des sciences de la Bibliothèque Universelle.) Génève, 1872; 8°.

———

XVII. SITZUNG VOM 20. JUNI 1872.

In Verhinderung des Präsidenten führt Herr Regierungsrath v. Littrow den Vorsitz.

Der Secretär legt folgende eingesendete Abhandlungen vor:

„Zur Theorie der Functionen X_n^m," vom Herrn Prof. L. Gegenbauer in Krems.

„Über den feineren Bau der Tasthaare," vom Herrn J. Dietl, Assistenten am physiologischen Institute der Universität zu Innsbruck.

Herr Director Dr. J. Stefan überreicht eine Abhandlung des Herrn A. v. Obermayer: „Über das thermoelektrische Verhalten einiger Metalle beim Schmelzen."

Herr Prof. E. Suess legt eine Abhandlung des Herrn Custos Th. Fuchs vor, betitelt: „Geologische Studien in den Tertiärbildungen Süd-Italiens."

Herr Prof. H. Hlasiwetz macht eine vorläufige Mittheilung über die Fortsetzung seiner in Gemeinschaft mit Herrn J. Habermann unternommenen Untersuchung der Proteïnstoffe.

Derselbe übergibt ferner eine, in seinem Laboratorium vom Herrn Dr. H. Weidl ausgeführte Untersuchung über das Nicotin.

Herr Prof. V. v. Lang legt eine Abhandlung vor, betitelt: „Krystallographisch-optische Bestimmungen."

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Accademia Pontificia de' Nuovi Lincei: Atti. Anno XXV, Sess. 5ª. Roma, 1872; 4⁰.

Akademie der Wissenschaften, kais., zu St. Petersburg: Repertorium für Meteorologie. Band II, Heft 2. St. Petersburg, 1872; 4⁰.

Annalen der k. k. Sternwarte in Wien. Dritte Folge. XVIII. Band. Jahrgang 1868. Wien, 1872; gr. 8⁰.

Apotheker-Verein, allgem. österr.: Zeitschrift. 10. Jahrg. Nr. 17. Wien, 1872; 8⁰.

Astronomische Nachrichten. Nr. 1889—1893. (Bd. 79. 17—18). Altona, 1872; 4⁰.

Beobachtungen, Schweizer. Meteorologische. October & November 1870; April 1871. Zürich; 4⁰.

Bibliothèque Universelle et Revue Suisse: Archives des Sciences physiques et naturelles. N. P. Tome XLIVᵉ. Nr. 173. Genève, Lausanne, Paris, 1872; 8⁰.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXIV, Nrs. 22—23. Paris, 1872; 4⁰.

Delesse, et de Lapparent, Revue de Géologie pour les années 1868 et 1869. VIII. Paris, 1872; 8⁰.

Gesellschaft, geographische, in Wien: Mittheilungen. Band XV (neuer Folge V.) Nr. 5. Wien, 1872; 8⁰.

— Deutsche geologische: Zeitschrift. XXIII. Band, 3. Heft. Berlin, 1871; 8⁰.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXIII. Jahrgang, Nr. 23—24. Wien, 1872; 4⁰.

Jahrbuch, Neues, für Pharmacie & verwandte Fächer, von Vorwerk. Band XXXVII, Heft 4. Speyer, 1872; 8⁰.

Landbote, Der steirische. 5. Jahrgang, Nr. 12. Graz, 1872; 4⁰.

Landwirthschafts-Gesellschaft, k. k., in Wien: Verhandlungen und Mittheilungen. Jahrgang 1872, Nr. 14—15. Wien; 8⁰.

Mittheilungen des k. k. technischen und administrativen Militär-Comité. Jahrgang 1872, 6. Heft. Wien; 8⁰.

— aus J. Perthes' geographischer Anstalt. 18. Band, 1872, V. Heft, nebst Ergänzungsheft Nr. 32. Gotha; 4⁰.

Nature. Nrs. 136—137, Vol. VI. London, 1872; 4⁰.

Osservatorio del R. Collegio Carlo Alberto in Moncalieri: Bullettino meteorologico. Vol. VI, Nr. 5. Torino, 1871; 4⁰.

Puyals de la Bastida, Don Vicente, Teoria de los números y perfeccion de las matemáticas. Madrid, 1872; 12⁰.

„Revue politique et littéraire" et „La Revue scientifique de la France et de l'étranger. Ire Année (2e Série), Nrs. 50—51. Paris & Bruxelles, 1872; 4⁰.

Società Italiana di Antropologia e di Etnologia: Archivio. IIo Vol., fasc. 2o. Firenze, 1871; 8⁰.

Société Botanique de France: Bulletin. Tome XVIIIe (1871). Revue bibliographique B—C. Paris; 8⁰.

Verein, k. ungar. naturwissenschaftlicher: Természettudományi Közlöny. III. Kötet, 19.—28. Füzet. Pest, 1871; kl. 4⁰.

— naturwissenschaftlicher, in Carlsruhe: Verhandlungen. V. Heft. Carlsruhe, 1871; 8⁰.

Wiener Medicin. Wochenschrift. XXII. Jahrgang, Nr. 22—23. Wien, 1872; 4⁰.

Wolf, Rudolf, Astronomische Mittheilungen. XXIX. Zürich; 8⁰.

Zeitschrift des österr. Ingenieur- & Architekten-Vereins. XXIV. Jahrgang, 8. Heft. Wien, 1872; 4⁰.

Geologische Studien in den Tertiärbildungen Süd-Italiens.

Von **Theodor Fuchs**,

Custos am k. k. Hof-Mineraliencabinete.

(Mit 7 Tafeln.)

Einleitung.

Die nachfolgenden Blätter enthalten die Resultate eines geologischen Ausfluges, welchen ich im April 1871 mit Unterstützung der k. k. Akademie der Wissenschaften und des k. k. Hof-Mineraliencabinetes in Begleitung der Herren Professoren Dr. E. Suess, Dr. A. Kornhuber, Dr. G. vom Rath, sowie meines Freundes, des Herrn F. v. Dreger, in das südliche Italien unternahm.

Meine Untersuchungen concentrirten sich namentlich auf zwei Punkte, nämlich auf die Tertiärbildungen von Messina und auf diejenigen der Umgebung von Gerace in Calabrien.

In Messina hatte ich mich der zuvorkommendsten Unterstützung des Herrn Professors G. Seguenza, des bekannten ausgezeichneten Tertiärforschers, zu erfreuen, welcher mich in lieberalster Weise mit den reichen Schätzen seiner Sammlung bekannt machte und mir in seinem Schüler dem Herrn G. Lo-Pò einen eben so kundigen als liebenswürdigen Führer an die Hand gab.

Auch in Gerace, wo ich mich in Begleitung meines Freundes F. v. Dreger aufhielt, wurden wir von Seite aller massgebenden Persönlichkeiten auf das bereitwilligste und freundlichste aufgenommen und unterstützt, und fühle ich mich namentlich dem Präfecten von Gerace, Herrn Dr. Ferdinando Simonetta, sowie dem Syndaco von Siderno, Herrn F. S. Falletti, zum wärmsten Danke verpflichtet.

Was die bisherige Literatur über das von mir untersuchte Gebiet anbelangt, so sind hier neben den bekannten älteren Werken von Hoffmann und Philippi namentlich die ausgezeichneten Arbeiten von Seguenza als massgebend zu nennen.

Folgende chronologische Zusammenstellung möge eine Übersicht der wichtigsten einschlägigen Werke geben.

1836. R. A. Philippi. *Enumeratio molluscorum Siciliae.* I. Berlin 4°.

1839. Fr. Hoffmann. *Geognostische Beobachtungen, gesammelt auf einer Reise durch Italien und Sicilien in den Jahren 1830—1832.*
(Karst. Arch. XIII.)

1844. R. A. Philippi. *Enumeratio molluscorum Siciliae.* II. Halle 4°.

1856. Crésc. Montagna. *Giacitura e condizione de terreno carbonifero di Agnana e d'intorni; ossia ultimo rendiconto dell'esplorazione scientifica, eseguitavi negli anni 1853, 1856.*
(Napoli. 4°.)

1862. G. Seguenza. *Descrizione dei foraminiferi monotalamici delle marne mioceniche del distretto di Messina.*
(Messina 4°.)

1862. G. Seguenza. *Notize succincte intorno alla constituzione geologica dei terreni terziarii del distretto di Messina.*
(Messina 4°.)

1862. G. Seguenza. *Sulla formazione miocenica di Sicilia.* (Giorn. polit.)
(Messina 4°.)

1862. G. Seguenza. *Prime ricerche interno ai rizopodi fossili delle argille pleistoceniche dei dintorni di Catania.*
(Catania 4°.)

1862. G. Seguenza. *Paleontologia malacologica dei terreni terziarii del distretto di Messina.* Napoli 8°.
(Ann. de Acad.)

1863, 1864. G. Seguenza. *Disquisizioni paleontologiche intorno ai corollarii fossili delle rocce terziarie del distretto di Messina.*
(Mem. Acad. Scienci. Torino 1868, 1864.)

1864. G. Seguenza. *Du genre Verticordia S. W.*
(Journ. Conch.)

1864. G. Seguenza. *Paleontologica malacologica dei terreni terziarii del distretto di Messina.* — (Brachiopodi.)
(Milano. Mem. Soc. ital.)

1865. G. Seguenza. *Description d'un Pedicularia fossile.*
(Journ. de conch.)

1865. G. Seguenza. *Breve cenno di ricerche geognostiche ed organografiche intorno ai Brachiopodi terziarii delle rocce messinesi.*
(Ann. Acad. nat. di Napoli.)

1865. G. Seguenza. *Paleontologica malacologica dei terreni terziarii del distretto di Messina.*
(Milano. — Mem. dell' Soc. Ital.)

1867. G. Seguenza. *Paleontologica malacologica dei terreni terziarii del distretto di Messina.*
(Milano. Mem. dell' Soc. Ital.)

1868. G. Seguenza. *On Ellipsoidea a new genus of foraminifera with fourther notes on its structure and affinities by Henry Brady.*
(Ann. Mag. nat. hist.)

1868. G. Seguenza. *La formation zancléenne ou recherches sur une nouvelle formation tertiaire.*
(Bull. soc. géol. France.)

1871. Seb. Mottura. *Sulla formazione terziaria nella zona solfifera della Sicilia.*
(Memorie. Com. Géol. d'Italia. vol. I. pag. 53.)

I. Messina.

1. Allgemeines.

Wenn man auf dem Faro von Messina stehend die Stadt betrachtet, sieht man, wie sie vom Meere aus an den Abhängen einer Hügelreihe emporsteigt, deren höchste Punkte von einer Reihe kleiner Befestigungen gekrönt werden.

Diese Hügel bestehen durchwegs aus Granit und Gneiss.

Hinter diesem Küstenzuge, u. zw. wie es von hier aus den Anschein hat, unmittelbar hinter demselben, erhebt sich in zahl-

reichen schroffen Gipfeln das peloritanische Gebirge, welches hier ebenfalls ausschliesslich aus krystallinischem Urgebirge besteht.

Zwischen diesen beiden Höhenzügen nun lagert das Tertiärgebirge von Messina, als Ausfüllung einer langen, schmalen Mulde, welche, parallel der Küste von N. nach S. ziehend, einerseits von den Höhen des peloritanischen Gebirges, andererseits durch den oben erwähnten Küstenzug begrenzt wird.

Die Länge dieser Mulde beträgt beiläufig eine Meile, der Durchmesser im Mittel $1/4$ Meile.

Senkrecht auf die Längsachse dieser Mulde wird das ganze Gebirge von einer Reihe tief ausgewaschener Erosionsthäler durchschnitten, welche im Grundgebirge des peloritanischen Gebirgszuges beginnend, die Tertiärmulde quer durchsetzen und zwischen den Granithügeln des Küstenzuges und theilweise durch die Stadt hindurch in das Meer münden.

Die Sohle dieser Thäler wird überall von jenen ungeheuren, wüsten Geröllmassen eingenommen, welche zur Regenzeit von den Giessbächen aus dem Gebirge herunter geführt werden und unter dem Namen der „Fiumaren" bekannt sind. Die Seitenwände der Thäler jedoch bieten die schönsten, natürlichen Durchschnitte durch das Tertiärterrain, und es genügt an vielen Stellen eine halbe Stunde, um vom Meere aus in den Thälern aufwärts schreitend, die ganze Mulde zu verqueren und den ebenso reich gegliederten als regelmässig gelagerten Schichtencomplex kennen zu lernen.

Was die Bestandtheile der Muldenausfüllung anbetrifft, so zerfallen dieselben in Ablagerungen des Miocän, Pliocän und des Quaternär, welche drei Stufen stets durch tiefgreifende, allgemeine Discordanzen von einander getrennt sind.

a) Miocän.

Im Mioäen unterscheidet man von unten nach oben folgende Glieder:

1. Conglomerate und Sandsteine. Als unterstes Glied des Miocän trifft man gewöhnlich Anhäufungen von abgerundeten Geröllen aus Urgebirge, welche durch ein sandig-thoniges Bindemittel zu einem lockeren Conglomerate verbunden sind.

Die Gerölle sind gewöhnlich nussgross, faustgross, bis kindskopfgross, werden jedoch auch grösser und erscheinen bisweilen in der Form wahrer Blockanhäufungen, deren einzelne Bestandtheile mehrere Fuss im Durchmesser zeigen.

Mit dem Conglomerat wechsellagern thonige, glimmerige Sandsteine, welche nach oben zu allmälig herrschend werden, so dass man in der Regel einen unteren, vorwiegend aus Conglomeraten, und einen oberen, vorwiegend aus Sandstein bestehenden Schichtencomplex unterscheiden kann. Es ist jedoch zu bemerken, dass man selbst in den oberen Schichten des Sandsteines noch immer einzelne Geröllagen und selbst einzelne grosse, isolirte Blöcke antrifft.

Petrefacte konnte ich in diesem Schichtencomplexe nicht finden und waren solche aus demselben bislang überhaupt nicht bekannt. Erst in neuester Zeit gelang es der unermüdlichen Aufmerksamkeit des Professors Seguenza eine petrefactenführende Schichte zu entdecken, und stimmen die Fossilien derselben, nach einer mir freundlich gewordenen Mittheilung dieses Forschers, vollständig mit denjenigen des Grünsandes von Turin überein.

2. Blauer Tegel. Zarter, homogener, etwas glimmeriger blauer Thon mit Fischresten, verdrückten Echiniden und calcinirten zerdrückten Conchylien. Von letzteren konnte ich folgende constatiren: *Chenopus pes pelecani, Buccinum semistriatum, Corbula, Neaera, Mactra, Lucina, Pecten duodecim lamellatus, P. denudatus.*

Dieser Tegel, in welchem allenthalben, wo er zu Tage tritt, Ziegeleien errichtet sind, gleicht sowohl in seiner petrographischen Beschaffenheit, als auch in dem Charakter seiner Fauna ausserordentlich unserem „Schlier", und ist in dieser Beziehung namentlich das Vorkommen von *Pecten dentatus Reuss* hervorzuheben.

3. Sandstein und lose Sande. Über dem Tegel treten abermals weiche, sandige Schichten auf. Dieselben erscheinen entweder in der Form thoniger, glimmeriger Sandsteine von meist grauer Farbe, oder aber auch als lose, gelbe Sande. Bemerkenswerth ist, dass auch in diesen Schichten noch einzelne isolirte Blöcke aus Urgestein vorkommen, doch traf ich niemals mehr zusammenhängende Geröllagen.

Professor Seguenza hat aus diesen Schichten eine ziemliche Anzahl von Conchylien namhaft gemacht, dieselben entsprechen auf das vollständigste denjenigen von Pötzleinsdorf, Enzesfeld und Gainfahren.

4. Kalkstein. Das oberste Glied des Miocän bildet ein dichter Kalkstein von lichter Farbe, welcher jedoch niemals in zusammenhängenden Lagern, sondern immer nur in isolirten, klippenartigen Partien vorkommt und in petrographischer Hinsicht eine merkwürdige Ähnlichkeit mit unseren Alpenkalken hat. Er ist nämlich entweder vollständig dicht, marmorartig, oder er erscheint eigenthümlich löcherig, rauchwackenartig zerfressen oder breccienartig zertrümmert, und in manchen Fällen zeigt er sehr deutlich jene eigenthümliche netzförmige Farbenzeichnung, welche man so häufig bei unseren Alpenkalken antrifft und mit dem Vulgärnamen „Wurstmarmor“ bezeichnet.

Versteinerungen sind in diesem Kalksteine bisher noch nicht gefunden worden.

b) Pliocän.

Im Pliocän kann man folgende Glieder unterscheiden:

1. Grundgerölle. Abgerundete Gerölle aus Urgebirgsgestein von Faust- bis Kopfgrösse, mit grobem Grus gemengt, in jeder Beziehung vollständig identisch mit dem bei Gerace in so ausserordentlicher Entwicklung auftretenden analogen Formationsgliede. Bei Messina sind diese Gerölle indessen nur wenig entwickelt und fand ich sie eigentlich nur an einem Punkte, nämlich im Hintergrunde des Thales von St. Nicola, wo sie an der Basis der mächtig entwickelten Zancléenmergel dem miocänen Kalkstein unmittelbar aufgelagert vorkommen. Versteinerungen konnte ich in ihnen nicht finden.

2. Weisse Mergel. Eines der wichtigsten Glieder des Pliocän von Messina wird durch äusserst zarte, homogene, weisse, kreideartige Mergel gebildet, welche oft eine sehr grosse Mächtigkeit erreichen und sich stets durch einen ausserordentlich grossen Gehalt an Foraminiferen auszeichnen. Der Gehalt an Foraminiferen (Orbulinen, Globigerinen) ist in einigen Fällen so gross, dass man das Material beinahe als einen Foraminiferenschlamm bezeichnen könnte. Sonstige Versteinerungen

finden sich an einigen Punkten ebenfalls nicht selten. Vom Professor Seguenza werden folgende angeführt[1]:

Scalaria torulosa Brocch.
Eulimella Scillae Scacchi.
Trochus bullatus Phil.
„ *marginulatus Phil.*
„ *Ottoi Phil.*
„ *filosus Phil.*
„ *glabratus Phil.*
Murex multilamellosus Phil.
Ranella reticularis Lam.
Columbella costulata. Cantr.
Nassa semistriata Brocc.
Emarginula compressa Cantr.
Puncturella noachina Linné.
Dentalium tetragonum Brocc.
„ *ovulum Phil.*
Bulla convoluta Brocc.
Cleodora lanceolata Per. et Lesuer.
Verticordia acuticosta Phil.
Arca aspera Phil.
„ *obliqua Phil.*
„ *pectunculoides Scacchi.*
Limopsis aurita Brocchi.
„ *Reinwardtii Cantr.*
Nucula Polii Phil.
Leda excisa Phil.
„ *pusio Phil.*
„ *cuspidata Phil.*
Pecten scabrellus Lam.
Anomia sulcata Brocc.
Terebratula vitrea Born.
„ *ampulla Brocc.*
Waldheimia peloritana Seg.
„ *euthyra Phil.*
„ *Davidsoniana Seg.*

[1] G. Seguenza. La formation zancléenne etc. pag. 475.

Terebratulina caput serpentis Linné.
Terebratella septata Phil.
Morrisia anomioides Scacchi.

Diese weissen Mergel wechsellagern häufig mit:

3. Korallenkalk. Der Korallenkalk ist ein dichter mergeliger Kalkstein von weisser oder lichtgelber Farbe, welcher vollständig von den zertrümmerten Ästen strauchförmiger Korallen (*Amphihelia*, *Diplohelia*, *Lophohelia*) erfüllt ist, ja in den meisten Fällen zum grössten Theile aus denselben besteht. Er kommt in Bänken von 1°—5° Mächtigkeit vor und wechselt an vielen Orten wiederholt mit den vorerwähnten weissen Mergeln, mit denen zusammen er das „terrain zancléen" (*terr. calcareo-marneuse*) Seguenza's bildet. In dem Korallenkalke finden sich ausser Korallen wenig andere Versteinerungen.

4. Gelber Sand. Feine gelbe Sande mit Austern, Pecten und Terebrateln kommen an einigen Punkten im Hangenden des Zancléen vor, doch erreichen sie nirgend eine grössere Selbständigkeit und schliessen sich, wo sie auftreten, auf das innigste an das folgende, letzte Glied des Pliocän an.

5. Bryozoenkalk. Der Bryozoenkalk ist ein grobes, tuffartiges, zum grössten Theil aus zertrümmerten Brgozoen bestehendes Gestein, welches an manchen Stellen sehr viel Sand aufnimmt und dann wohl richtiger Bryozoensandstein genannt werden könnte. Ausser den Bryozoen finden sich noch Korallen (dieselben Arten wie im Zancléen), Balanen, Austern, Pecten und Terebrateln, welche Fossilien oft zu förmlichen selbständigen Schichten angehäuft sind. Dort, wo auf diese Weise wirkliche Korallenkalke entstehen, schliesst sich diese ganze Bildung auf das innigste an die Korallenkalke des Zancléen an, von denen sie sich dann eigentlich nur durch den grossen Gehalt an Austern, Balanen und Brachiopoden unterscheidet.

Der Bryozoenkalk zeigt fast überall in ausgezeichneter Weise das Phänomen der falschen Schichtung, er bildet stets das oberste Glied der Pliocänbildungen und wird von Seguenza als „Terrain astien" bezeichnet.

Merkwürdig ist der Umstand, dass, während im grössten Theile des Tertiärgebietes von Messina die Bryozoensande (resp.

Kalke) sich vollkommen concordant an die Ablagerungen des Zancléen anschliessen, ja oft ganz stufenweise in dieselben übergehen, es doch einige Stellen gibt, wo zwischen diesen beiden Bildungen eine deutliche Discordanz besteht. Am auffallendsten tritt dies hervor in der Klause von Scoppo, wo nicht nur die Schichten der beiden Bildungen eine abweichende Neigung zeigen, sondern wo die Korallenkalke des Zancléen förmlich klippenartig in die Bryozoensande hineinragen (Taf. I, Fig. 1, 4) und die Bryozoensande ihrerseits wieder muldenförmige Auswaschungen des „Terrain zancléen" nivellirend ausfüllen.

c) Quaternärbildungen.

Die Quaternärbildungen werden durch grobe Sande und Gerölle von meist tiefrothbrauner Farbe gebildet, welche sowohl in ihrer petrographischen Beschaffenheit als auch in der gesammten Art des Auftretens sehr viel Ähnlichkeit mit unserem Belvedereschotter zeigen. Sie nehmen die Kuppen aller Höhen ein, indem sie, alle Gebirgsglieder gleichmässig rasirend, dieselben in grosser Mächtigkeit bedecken. Wenn man von einer Anhöhe aus das Tertiärgebiet überblickt, sieht man von oben meist nichts als die braunen Diluvialschottermassen. Die Grösse der Gerölle schwankt in der Regel von Nuss- bis Faustgrösse, doch werden sie auch grösser, und stellenweise trifft man grosse, abgerundete Blöcke bis zu 3′ Durchmesser. Meist sind diese Ablagerungen vollständig fossilienleer, doch finden sich an einzelnen Stellen förmliche Bänke von riesigen Exemplaren von *Mytilus edulis* und *Balanus tulipiformis* nebst Austern, Pecten und Echiniden, und werden diese Schottermassen durch diese Vorkommnisse trotz ihres fluviatilen Ansehens doch als echte Meeresbildungen charakterisirt.

Was die tektonischen Verhältnisse der im Vorhergehenden angeführten Formationsglieder betrifft, so ist darüber Folgendes zu bemerken:

Die Miocänablagerungen zeigen sich in beiden Flügeln der Mulde stark gehoben und fallen überall steil, zuweilen beinahe senkrecht gegen die Achse der Mulde zu, während die Pliocänbildungen mit viel geringerer Neigung dazwischen lagern und

die quaternären Geröllmassen schliesslich Alles gleichmässig nivellirend die Kuppen aller Hügel bilden.

In Bezug auf die Lagerung der Miocänschichten ist mir nur eine Ausnahme bekannt, nämlich im Hintergrunde des Thales von Cattarratti, wo die miocänen Gerölle zu oberst vollkommen horizontal und ungestört dem Granite auflagern, während sie etwas weiter, nach vorn plötzlich abbrechend, beinahe senkrecht abfallen. (Taf. 3, Fig. 4.)

Im Nachfolgenden will ich nun versuchen, das im Vorhergehenden in allgemeinen Umrissen Dargestellte an einigen Beispielen näher zu erläutern und hierbei auf die Abweichungen aufmerksam zu machen, welche sich hie und da von dem allgemeinen Schema zeigen.

---

2. Beschreibung einzelner Localitäten.

A. Das Thal von San Nicola.

Am nördlichsten Ende von Messina öffnet sich gegen das Meer zu ein breites Thal, in dessen Hintergrunde San Nicola liegt. Indem man das Thal betritt, erblickt man bald zur Rechten eine beinahe 5° hohe Entblössung in diluvialem Sand und Schotter, an deren Grunde eine klippenartig aufragende Partie von Miocänbildungen sichtbar ist.

Die Miocänbildungen sind sehr gestört und fallen steil gegen das Gebirge. Sie bestehen zu oberst aus einem dichten, theilweise kreidigen, lichten Kalkstein ohne Petrefacte und darunter aus einem Wechsel von blauem Tegel und gelbem Sande. Der Tegel und Sand sind vielfach verstürzt und verschoben und der Tegel zeigt viele kreidige Kalkknollen. Versteinerungen fand ich hier nicht.

Die Quaternärbildungen bestehen aus grobem, lichtbraunem Sande mit eingeschwemmten Geröllagen und einzelnen abgerundeten Blöcken aus Urgestein. Der Sand zeigt in einigen Lagen falsche Schichtung. Fossilien finden sich hier nicht.

Indem man von hier aus weiter im Thale hinaufschreitet, sieht man die Hügel zur Rechten fortwährend aus braunem

Diluvialsande und Gerölle bestehen, bis weiter im Hintergrunde weisse Mergel auftauchen, welche, rasch an Mächtigkeit zunehmend, in kurzem beinahe die ganze Höhe der Hügel zusammensetzen. Noch etwas weiter sieht man darunter wieder die Miocänbildungen auftauchen.

Wenn man hier in die Gärten hinaufsteigt, findet man klippenartige Felsen von lichtem, mergeligen, löcherigen Miocänkalk von den Pliocänbildungen überlagert, welche unmittelbar an der Klippe steil gegen das Meer abstürzen, jedoch sehr bald eine flachere Neigung annehmen. Die Basis dieser Pliocänbildungen wird hier durch lichte Gerölle von Urgestein gebildet, welche in jeder Beziehung vollständig dem Grundgerölle des Pliocän von Gerace entsprechen. Darüber folgen unmittelbar mit scharfer Abgrenzung die weissen homogenen kreidigen Mergel. (Taf. III, Fig. 1.)

Indem man von hier aus an dem Abhange des Hügels wieder gegen das Meer zurückgeht, sieht man die Grundgerölle unter den weissen Mergeln rasch in die Tiefe sinken, während sich im Hangenden derselben neue Schichten einstellen.

Ein Durchschnitt von oben nach unten zeigt hier folgende Schichtenfolge:

1° Gerölle mit einer Bank grosser Balanen (Quaternär).

2° Unreine, thonige, graue Sande mit kleinen, glatten Pecten und *Terebratula Guiscardi* (Astien).

1° 3′ Dichter Korallenkalk, theilweise verkieselt, mit *Terebratula minor*. An der Basis eine Lage von Isis-Gliedern (Basis des Astien).

10° Weisse, harte, homogene, kreidige Mergel ohne Conchylien, zum grossen Theile aus *Orbulina universa* bestehend (Zancléen).

Die Diluvialgerölle, welche hier nur eine Mächtigkeit von 1° zeigen, nehmen gegen das Meer zu in Verbindung mit Sanden sehr rasch an Mächtigkeit zu, indem sie gleichzeitig die darunterliegenden Pliocänbildungen der Reihe nach denudiren, zuerst die grauen Sande, hierauf den Korallenkalk und schliesslich auch die weissen Zancléenmergel, so dass sie gegen das Meer zu, wie wir Eingangs gesehen haben, unmittelbar auf den Miocänbildungen ruhen. Sand und Schotter wechseln ohne bestimmte

Reihenfolge mit einander, doch nimmt der Sand im allgemeinen mehr den unteren, der Schotter den oberen Theil ein. Im Sande zeigt sich sehr häufig falsche Schichtung. Von Petrefacten treten riesige Exemplare von *Mytilus edulis* und *Balanus tulipiformis*, namentlich in den Geröllen, zu selbständigen Bänken angehäuft auf. Dazwischen finden sich *Ostraea edulis*, *Pecten pusio*, *P. varius*, *Patella sp.*, Stacheln von grossen Echiniden und kleine Bruchstücke von Korallenstämmchen, (letztere wohl nur auf secundärer Lagerstätte). Das gesammte Materiale ist theils lose, theils zu groben Bänken und Platten verbunden.

In einiger Entfernung von dem vorigen Profile, an einem Punkte, an welchem die Diluvialgerölle bereits beträchtlich zugenommen und die obersten Lagen des Pliocän bereits denudirt haben, zeigt sich von oben nach unten folgende Schichtenfolge (Taf. III, Fig. 2):

5′ Gerölle.	Quaternär.
6′ Grober Sand.	
6′ Gerölle.	
10′ Grober Sand.	
6′ Gerölle mit Balanen.	
Discordanz.	
4′ Dichter Kalk mit Brachiopoden.	Astien.
Isisbank.	
4′ Dichter Korallenkalk.	Zancléen.
Weisse Mergel in grosser Mächtigkeit bis in die Thalsohle hinabreichend.	

B. Das Thal von Scoppo.

(Taf. 1, Fig. 1.)

Wenn jemand den Wunsch hat, in möglichst kurzer Zeit einen Einblick in die Gliederung der Tertiärbildungen von Messina zu gewinnen, so ist demselben vor allem ein Spaziergang durch das Thal von Scoppo zu empfehlen.

Nirgend anderswo findet man Mannigfaltigkeit der Schichten, Regelmässigkeit der Lagerung, Grossartigkeit der Aufschlüsse und Reichthum der Petrefacten in dem Masse vereinigt, wie hier, und namentlich ist es die Thalenge von Soppo selbst, wo

man an den beiden Thalwänden mit einem Blicke beinahe alle Glieder der Tertiärformation, wie an einem riesigen Modelle übersehen kann, und muss dieser Punkt hinsichtlich des Studiums der jüngeren Tertiärbildungen wahrhaft classisch genannt werden.

Das Thal von Scoppo, ein südliches Parallelthal zu demjenigen von San Nicola, mündet ebenso wie mehrere der folgenden bereits in der Stadt, und die Geröllmassen seiner Fiumara werden mitten durch die Strassen ins Meer geführt.

So lange man in der Stadt ist, hat man unter sich krystallinisches Gebirge, sowie man jedoch dieselbe verlässt und in das Thal selbst eintritt, bestehen die Hügel rechts und links in ihrer ganzen Mächtigkeit aus miocäner Molasse, welche steil gegen West einfällt.

Das Gestein dieser Molasse ist ein gelblicher oder grauer weicher Sand oder Sandstein in dicken Bänken gesondert. Dem Sande eingelagert erscheinen Bänke, Lager und Nester von Granitgeröllen, sowie einzelne abgerundete Blöcke von Granit bis zu 4' Durchmesser, welche den Ablagerungen bisweilen ein moränenartiges Ansehen verleihen. Versteinerungen fand ich nicht.

Diese Ablagerung hält bis gegen Scoppo an, wo sich im Hangenden desselben blauer Thon einstellt, in welchem zu beiden Seiten des Thales Ziegeleien errichtet sind. Der Thon hat eine beiläufige Mächtigkeit von 6°, ist licht blau-grau, reich an fein vertheiltem Glimmer und gleicht ausserordentlich unserem „Schlier". Er enthält sehr häufig Fischschuppen, zerdrückte Spatangiden, kleine Krabben und Conchylien. Von letzteren konnte ich folgende annähernd bestimmen:

Buccinum semistriatum Brocc.
Corbula sp. h.
Neaera sp.
Mactra sp.
Lucina cf. borealis Linné h. h.
Pecten duodecimlamellatus Brocc. h.
„ *cf. denudatus Reuss.*

Im Hangenden dieses schlierartigen Tegels folgen folgende Schichten:

1° 3′ Wechsel von gelblich-grauem Sand mit blaugrauem Tegel.

5° Lichter, gelblich-grauer Sand mit dünnen Lagen von weisslichem Mergel und einzelnen abgerollten Granitblöcken bis zu 3′ Durchmesser.

1° 3′ Blauer harter Mergel ohne Fossilien.

1° 3′ Weisser harter Mergel ohne Fossilien.

6° Dichter, weisser oder rosenrother Kalkstein, löcherig, breccien- oder rauchwackenartig, sehr ähnlich manchem Alpenkalkstein, ohne Fossilien.

Dieser Kalkstein bildet das oberste Glied der Miocänformation und gleicht in jeder Beziehung dem analogen Gliede von Gerace. Er bildet, ebenso wie dort, so auch hier eine klippenförmig aufragende Masse, an welche sich in discordanter Lagerung die jüngeren Tertiärbildungen anlegen, welche prachtvoll aufgeschlossen den übrigen Theil der Thalwand zusammensetzen.

Man unterscheidet unter diesen Bildungen bereits aus der Entfernung sehr leicht folgende drei Hauptglieder.

a) Die gegen Westen einfallenden, weissen Mergel und Korallenkalke des Zancléen;

b) darüber mit flacherer Neigung die dünngeschichteten Bryozoensande des Astien;

c) und schliesslich, als oberstes Glied die Gipfel der Berge bildend, die horizontal gelagerten oder selbst leicht gegen Ost geneigten, dunkelrostbraunen Massen des Diluvialschotters.

Am engsten Punkte der Thalenge, an der Klause von Scoppo, wo zur Abwehr der verheerenden Wirkung der Fiumara mächtige Schleusenwerke errichtet sind, haben die Tertiärschichten ihren tiefsten Punkt erreicht. Hier erreichen die Bryozoensande das Niveau der Strasse, während rechts von derselben in dem tiefen Einrisse des Wildbaches die weissen Mergel und Korallenkalke des Zancléen anstehen.

Ein Profil an diesem Punkte vom Gipfel des Berges bis an die Bachsohle herabgezogen, zeigt von oben nach unten folgende Schichten:

Profil in der Klause von Scoppo. (Taf. IV, Fig. 1.)

(Linke Thalseite.)

Dunkelrostbraune Granit- und Gneissgerölle mit Granitgrus und Scherben von *Mytilus edulis, Ostraea edulis;* Balanen und Echiniden.	Quaternär.
2° Unreine, gelblichgraue Sande ohne Fossilien. 3° Braune, dünngeschichtete Sandsteinbänke mit zermalmten Bryozoen, Echiniden und Bänken von grossen Balanen.	Astien.
3° Weisser Mergel ohne Petrefacte, es wechseln weichere und härtere Schichten. 2° Harter Korallenkalk mit Balanen, Trochus, Isis. 2° Weisser Mergel. 2° Mehrfacher regelmässiger Wechsel von Korallenkalk mit petrefactenarmen, losen, sandigen Bänken.	Zancléen.

2° Loser, mergeliger Sand, sehr reich an Petrefacten. (*Caryophylllia div. sp., Ceratocyathus suborbiculatus Seg., Ceratocyathus Scillae Seg., Stephanocyathus elegans Sow., Conotrochus typus Seg., Lophohelia Defrancei E. et H., Amphihelia sculpta Seg., Coenopsammia Scillae Seg., Isis melitensis Goldf., Trochus filosus Phil., Tr. filosus var. glabratus Phil., Tr. gemmulatus Phil., Trochus cf. bullatus Phil., Spondylus sp., Balanus sp.*)

2° 3′ Massiger, harter, fester Korallenkalk (Haupt-Korallenkalk) bis in die Bachsohle hinab.

Die Klause von Scoppo ist noch deshalb von Wichtigkeit, weil hier die deutlichsten Spuren einer Discordanz zwischen Astien und Zancléen sichtbar sind. Während nämlich an einem Punkte eine muldenförmige Auswachsung im Zancléen nivellirend von dem Materiale der astischen Stufe ausgefüllt wird, sieht man an der Stelle, an welcher der Bryozoensand das Strassenniveau erreicht, eine Masse von Korallenkalk klippenartig in dieselbe hineinragen. (Taf. I, Fig. 4.)

Indem man von diesem Punkte aus in das sich wieder erweiternde Thal vorwärts schreitet, bemerkt man sofort wie die bisher gegen Westen geneigten Schichten sich heben und nunmehr gegen Osten einfallen. Man ist in den anderen Flügel der Mulde eingetreten und die untergetauchten Schichten tauchen in der regelmässigsten Reihenfolge wieder aus der Tiefe auf. Unter dem Bryozoensande kommen die Korallenkalke und weissen Mergel, unter demselben der dichte Miocänkalkstein, unter diesem die feinen, gelben Sande und Gerölle und unter diesen schliesslich der schlierartige Tegel hervor.

Die Grenze zwischen miocänem Kalkstein und den Schichten des Zancléen ist an der linken Thalseite in einem grossen Steinbruche prachtvoll aufgeschlossen und gewährt einen der schönsten Anblicke, welchen Lagerungsverhältnisse darbieten können. Man sieht zu unterst den rosenrothen, dichten miocänen Kalkstein in zahlreichen, scharfen Klippen aufragen und darüber nivellirend gelagert eine 5° mächtige Masse von Korallenkalk, in dessen Mitte sich eine Masse weissen Mergels scharf abgegrenzt auskeilt. (Taf. I, Fig. 2, 3.)

In dem schlierartigen Tegel ist auch hier eine kleine Ziegelei angelegt. Unmittelbar hinter derselben stösst man jedoch bereits auf Granit, so dass hier die unter dem Schlier gelegene Masse von miocänem Sand und Sandstein vollständig zu fehlen und der Tegel unmittelbar dem Urgebirge aufzulagern scheint.

C. Das Thal von Cattarratti.

Am südlichen Ende von Messina, hinter dem Hügel, auf dem das Fort Gonzaga liegt, mündet ein breites Thal, in dessen Hintergrunde Cattarratti gelegen ist.

Der Hügel, auf dem das Fort liegt, besteht aus Gneiss, dessen Schichten steil gegen Westen einfallen. An seinem westlichen Abhange legt sich jedoch bereits in flacher Neigung gegen West fallend die miocäne Mollasse an.

Die Molasse besteht aus einem unreinen, grauen, thonig-glimmerigen Sandsteine und enthält namentlich in ihrer unteren Partie zahlreiche Lagen von Granit und Gneissgeschieben, so wie einzelne abgerundete Blöcke aus Urgestein.

Im Thale vorwärts schreitend, folgt auf diese Molasse in ansehnlicher Mächtigkeit der schlierartige Tegel, in dem hier ebenfalls Ziegeleien angelegt sind, und im Hangenden desselben mächtig entwickelt und eine Reihe ansehnlicher Hügel zusammensetzend, feine, gelblich-graue, sehr glimmerreiche Sande, welche hie und da einzelne Blöcke und Geschiebe aus Granit enthalten und in ihrer oberen Partie zahlreiche harte Sandsteinbänke zeigen.

Das Miocängebirge besteht demnach hier ebenso wie im Thale von Scoppo von unten nach oben aus folgenden Gliedern:

a) Sande und Conglomerate mit Blöcken.

b) Schlierartiger Tegel.

c) Feiner, gelblichgrauer Sand und Sandstein.

Auf diese Bildungen folgen nun, discordant gelagert, mit sehr flacher Neigung gegen West fallend, die Ablagerungen des Pliocän, und zwar erscheint zuerst auf der Höhe eines Molassehügels kuppenförmig aufgesetzt eine Partie Bryozoensandstein. Der nächste Hügel besteht bereits zur ganzen oberen Hälfte aus diesem Gestein, und schliesslich schalten sich unter demselben, zwischen ihm und der miocänen Molasse, die weissen Mergel und Korallenkalke des Zancléen ein, während sich gleichzeitig zu oberst mächtige Massen von braunen Diluvialgeschieben einstellen.

Ein Profil, am tiefsten Punkte der Mulde aufgenommen, zeigt hier von oben nach unten folgende Schichtenfolge:[1]

Braune Diluvialgeschiebe } Quaternär.

4° Bryozoensandstein, dünngeschichtet	Astien.
3° Weisser Mergel.	Zancléen.
2° Korallenkalk.	Zancléen.
3° Weisser Wergel, in der Nähe der Molasse einen 10' langen Block derselben einschliessend.	Zancléen.

Miocäne Mollasse. } Miocän.

[1] Die beiden horizontalen Striche zeigen die Stellen der Discordanzen an.

Zwischen Bryozoensandstein (Astien) und den weissen Mergeln (Zancléen) ist hier keine Discordanz sichtbar.

Vor Cattarratti fallen die Schichten des Pliocän bereits leicht gegen Ost und bei dem Orte selbst tauchen unter denselben wieder, rasch zu grosser Mächtigkeit anwachsend, die gelblichgrauen, sandig-glimmerigen Molassen auf, gegen Nordost geneigt.

Hinter Cattarratti steht die miocäne Molasse fast vollständig senkrecht und ist voll Granit und Gneissgeschiebe, welche oft wirkliche Conglomeratbänke bilden. Unmittelbar daran stösst der Granit des Grundgebirges, in dicken Bänken gegen West einfallend. (Taf. III, Fig. 3.)

Wenn man hinter Cattarratti die Hügel hinaufsteigt, sieht man an dem nördlich vorlagernden Hügel eine sehr merkwürdige Erscheinung. Man sieht nämlich auf dem Hügel, der aus westlich einfallendem Granit besteht, obenauf eine Partie vollständig horizontal liegender miocäner Molasse, während dieselben Schichten, in geringer Entfernung vorwärts plötzlich abbrechend, fast senkrecht abstürzen, ja in ihrer oberen Partie sogar umgekippt sind. (Taf. III, Fig. 4.)

Wenn man auf diesen Hügel hinübergeht und von hier aus den Rückweg nach Messina einschlägt, kommt man in ein Gebiet, welches durch ungeheure Regenrisse in der furchtbarsten Weise zerrissen, auf allen Wänden die prachtvollsten Profile zeigt. Zu oberst liegen allenthalben mächtige Ablagerungen des braunen diluvialen Schotters, während unter demselben sich die verschiedenen Glieder der Tertiärformation zeigen. Die Kürze der mir zu Gebot stehenden Zeit erlaubte mir leider nicht, dieses Gebiet eingehender zu untersuchen. Die wenigen gemachten Beobachtungen stelle ich im Nachfolgenden zusammen.

Schichtenfolge an der Wand eines Regenrisses, nächst Cattarratti.
(Taf. IV, Fig. 2.)

Braune Diluvialgerölle ohne Petrefacte.	Quaternär.
5° Bryozoensand. Grober, grussartiger Sand, voll Geröllen, Bryozoen und Echinidenresten, ferner Balanen, Austern, Pecten, zu unregelmässig zerfressenen, krustenartigen Platten verbunden, fast horizontal gelagert, mit kaum merklicher Neigung gegen das Meer.	Astien.

1° 3′ Conglomerat mit grobem Grus, Bryozoen, Balanen, Austern, Pecten. 5° Wechsel von mergeligen und sandigen Schichten, mit harten Platten von Mergelkalk. Grosse Balanen, Austern, Pecten, Serpula, Korallen. Zu unterst eine Geröllbank.	Astien.
1° 3′ Weisse harte Mergel ohne Petrefacte, scharf gegen die vorhergehenden Schichten abgegrenzt. 4° Harter Korallenkalk. 4° Harter weisser Mergel ohne Petrefacte.	Zancléen.

In der Nähe von Messina sieht man an einer hohen senkrecht abstürzenden, circa 20° hohen Wand von unten nach oben folgende Schichten entblösst. (Taf. II, Fig. 1.)

Schlierartiger Tegel (Ziegelei).

Gelblich-graue, glimmerige Sandmolasse (10° ?).

Dichter, rosenrother, breccienartiger Miocänkalk (10° ?).

Dieser Kalkstein ragt an zwei Stellen klippenartig auf, und in der dazwischen entstehenden Mulde liegt, dieselbe nivellirend ausfüllend, dichter Korallenkalk, darüber concordant sich anschliessend Bryozoenkalk mit ausgezeichnet falcher Schichtung. Dieser Bryozoenkalk erscheint an seiner Oberfläche abermals tief eingerissen denudirt und wird von mächtigen Massen des braunen Diluvialschotters bedeckt. (Taf. II, Fig. 2.)

Zwischen dem Thale von Cattarratti und dem von Bordanaro führen mehrere enge, tiefe Schluchten von der Küste quer in das Innere des Gebirges. Indem ich einmal eine solche Schlucht aufwärts verfolgte, traf ich, der Reihe nach, folgende Gebirgsglieder:

1. Granit und Gneiss, in verschiedenen Abänderungen mächtig entwickelt und durchgehends gegen West fallend.

2. Feste Conglomerate aus abgerundeten Urgebirgstrümmern, ebenfalls steil gegen West geneigt.

3. Conglomerate mit grauer, thonig-sandiger Molasse wechselnd.

4. Graue, thonig-sandige Molasse, mit festen Sandsteinbänken wechselnd. Diese Bildung ist sehr mächtig entwickelt und setzt ansehnliche Hügel zusammen. Steigt man diese Hügel hinan, so findet man regelmässig oben eine 2°—3° mächtige Platte von horizontal liegendem Korallenkalk (Zancléen) aufgesetzt. Der Korallenkalk enthält namentlich viel grosse Einzelkorallen. (Taf. 2, Fig. 3.)

D. Das Thal von San Philippo.

In dem breiten Thale von San Filippo bestehen die niedrigen Hügel zu beiden Seiten vorwiegend aus Pliocänbildungen, welche zuerst leicht gegen West später gegen Ost geneigt sind. Im Hintergrunde bei San Filippo tauchen aus der Tiefe die miocänen Sande, Tegel und Conglomerate auf. Dahinter erhebt sich das Urgebirge.

Die Pliocänbildungen, welche sich in diesem Thale namentlich durch grossen Petrefactenreichthum auszeichnen, sind an zwei Punkten in grösserer Mächtigkeit aufgeschlossen.

Der erste Aufschluss liegt gleich beim Eintritt in das Thal, in der Nähe von Santa Lucia an den Abhängen zur rechten Hand, und zwar findet man hier von unten nach oben folgende Schichten:

1. Gelber Sand mit unreinem, mergeligem, concretionärem Kalkstein, untergeordneten Schnüren und Lagen von Geröllen und zahlreichen Petrefacten.

Ostraea cochlear Poli.
Pecten sp.
Hinnites sp.
Terebratula grandis Blumb.
Terebratulina caput serpentis Linné.
Cidaris sp.
Isis sp.
Dendrophyllia cornigera Lam.

2. Reiner dichter Korallenkalk mit Hornstein. Der Kalkstein enthält sehr viel Petrefacte, und dieselben sind entweder auch verkieselt und dann vollständig erhalten, oder aber sie sind im entgegengesetzten Falle nur als Steinkerne vorhanden.

Ich fand folgende Arten:

Trochus cf. bullatus Phil.
Saxicava arctica Phil.
Venus sp.
Terebratula grandis Blumb. h.
" *minor Suess. hh.*
Argiope decollata Chemn.
Korallen.

Auf der gegenüberliegenden Thalseite, weiter im Hintergrunde gegen San Filippo zu, befinden sich ansehnliche Steinbrüche in einem dünn geschichteten, sandigen, tuffartigen Bryozoenkalk, welcher in ungeheurer Menge die kleine *Terebratula minor* enthält. Die Schichten sind in dem Steinbruche im ganzen 8° tief aufgeschlossen und leicht gegen West geneigt. Unmittelbar hinter dem Steinbruche fallen die Schichten jedoch bereits gegen Ost.

Im ganzen fand ich folgende Petrefacte:

Ostraea cochlear Poli.
Pecten opercularis Lam.
" *palmatus Lam.*
Terebratula minor Suess. h. h. h.
Terebratulina caput serpentis Linné h. h.
Argiope decollata Chemn. h.
Krebsscheeren.
Balanus sp.
Isis sp.
Serpula sp.

Auf dem Wege von San Filippo über Abbadessa, Zaffaria und Lardaria nach Trimestieri hatte ich Gelegenheit, noch folgende Notizen zu machen.

a) Abbadessa. Mehrere kleine Steinbrüche und Gruben in Kalk und in einem schlierartigen Tegel. Der Kalkstein in der einen Grube ist sehr sandig, grau, und enthält in ungeheurer Menge verkieselte Aestchen von *Amphihelia* und *Diplohelia*.

In einer anderen Grube ist der Kalkstein dicht, weiss, voll Korallen, ein wahrer Korallenkalk, zum grossen Theil in Hornstein verwandelt. Ausser Korallen findet sich in ungeheurer

Menge die kleine *Terebratula minor*, welche sich namentlich aus den mergeligen Zwischenschichten in grosser Menge in der prachtvollsten Erhaltung auslösen lässt. Es ist dies der Fundort für jene merkwürdigen Exemplare, welche man aus Messina erhält, welche zum Theil hohl sind und vollständig das Ansehen recenter Terebrateln besitzen.

Im ganzen fand ich in diesem Kalksteine folgende Petrefacte:

Cypraea europaea Mont.
Triforis sp.
Emarginula cancellata Phil.
Saxicava arctica Phil.
Venus sp.
Arca aspera Phil.
Pecten pes felis Lam.
Terebratula grandis Blumb. 4.
„ *minor Suess. h. h. h.*
Caryophyllia clavus Scacchi.
„ *div. sp.*
Amphihelia miocenica Seg. h. h.
„ *sculpta Seg. h.*
Diplohelia Meneghiniana Seg.
„ *Doderleiniana Seg.*
Isis melitensis Goldf. h.
Balanus sp.
Echinus sp.
Carcharias sp.
Lamna sp.

Der in derselben Grube gewonnene Thon ist graulich-blau, sandig und enthält keine Petrefacte. Er soll dem Miocän angehören, in welchem Falle die Schichten jedoch sehr gestört sein müssen, da die Korallenkalke unter ihn einzufallen scheinen.

b) Zaffaria. Hinter Zaffaria trifft man mächtige Ablagerungen von feinem, weichem, graulich-gelbem, glimmerigem Sande ohne Petrefacten. Im Liegenden desselben kommt blauer Tegel zum Vorschein, in welchem eine kleine Ziegelei angelegt ist.

Wir fanden in dem Tegel viel Gyps in schönen Drusen und folgende Petrefacte:

Chenopus pes pelecani Phil.
Buccinum semistriatum Brocc.

c) Lardaria. Bei Lardaria findet man im Hintergrunde des Thales, auf Gneiss aufruhend und steil gegen Ost einfallend, graue miocäne Molasse von Pliocänbildungen überlagert.

Am Ausgehenden des Thales gegen das Meer zu, stehen Klippen von Gneiss an, welche von Molasseschichten überlagert werden, die gegen West einfallen.

II. Gerace.

1. Allgemeines.

Die Tertiärbildungen an der Ostküste Calabriens zeigen in ihren Bestandtheilen eine ausserordentliche Ähnlichkeit mit denjenigen von Messina, weichen jedoch hinsichtlich der Anordnung derselben sehr wesentlich von ihnen ab.

Das Tertiärgebirge tritt hier nicht in der Form einer Mulde auf, sondern es bildet einen langen, schmalen Küstensaum, welcher sich von Barcaleone bis gegen Squillace zu erstreckt und sich unmittelbar an das granitische Centralgebirge Calabriens anlehnt.

Den wichtigsten oder wenigstens auffallendsten Bestandtheil des Tertiärgebirges bilden die Pliocänbildungen, welche längs der ganzen vorerwähnten Strecke eine Reihe hochaufragender Plateaus bilden, die nach allen Seiten hin mit steilen Wänden abstürzen und auf ihrer oberen Fläche die meisten Ortschaften der Küste tragen.

Hinter den Pliocänplateaus erhebt sich in schroffen Formen das calabrische Grundgebirge, vor ihnen verläuft längs der Küste eine Reihe niedriger abgerundeter Hügel aus braunem Diluvialschotter.

Die Miocänablagerungen bilden meines Wissens nirgends selbständige Gebirgsmassen, sondern sie kommen nur an dem Fusse der Pliocänplateaus zum Vorschein, zwischen denen sie

bisweilen in geringer Ausdehnung ein flaches, welliges Hügelland bilden. (Siehe die Ansicht des Thales des Merico Taf. VI, Fig. 2.)

Auf der Fahrt von Reggio nach Siderno hat man demnach, von Barcaleone angefangen, zur Linken meist folgendes Bild vor sich:

1. ein schmaler Streifen Alluvialland;

2. niedrige, abgerundete Hügel aus braunem Diluvialschotter.

3. die Pliocänplateaus mit den Ortschaften.

4. das granitische Grundgebirge, in hohen, schroffen Gebirgsformen die jüngeren Bildungen überragend. (Siehe die Ansicht von Gerace. Taf. VI, Fig. 3.)

Über die Topographie von Gerace selbst ist folgendes zu bemerken:

Die alte Stadt Gerace liegt in vorerwähnter Weise, wie die meisten anderen Ortschaften, beiläufig eine halbe Meile von der Küste entfernt, auf der Höhe eines hoch aufragenden Pliocänplateaus. Dieses Plateau ist jedoch im Verhältnisse zu seiner Höhe und Länge so schmal, dass es mehr die Form einer langen Mauer hat, welche sich vom Gebirge gegen das Meer zu erstreckt (von NNW. nach SSO.). (Vergleiche Taf. V, Fig. 1 und Taf. V, Fig. 2.) Hinter demselben erhebt sich in mehreren Zacken der Mte. Jejunio, welcher bereits durchaus aus Granit besteht. Im Osten[1] des Plateaus verläuft das Thal des Novito, in dessen Hintergrunde Agnana liegt, im Westen das Thal des Merico, in dem die Bäder von Gerace liegen.

Das Plateau von Gerace reicht nicht bis an die Küste, sondern fällt gegen dieselbe allmälig in eine breite Hügelgruppe ab, in deren Mitte ebenfalls vom Innern gegen das Meer zu ein schmales Thal, das Thal von Gerace, verläuft, welches jedoch im ganzen mehr den Charakter eines grossen Regenrisses trägt.

In neuerer Zeit hat sich, von der alten Stadt Gerace aus, an der Küste eine kleine Colonie gebildet, welche ebenfalls den

[1] In nachfolgender Beschreibung sind die Himmelsgegenden summarisch N., S O W. bezeichnet. Strenge genommen müsste es anstatt N., NW. N, anstatt S., S. O. S., anstatt W., W. S. W., anstatt O., O. N. O. heissen.

Namen „Gerace" trägt. Um diese beiden Ortschaften zu unterscheiden, nennt man die erstere Gerace paese, die letztere Gerace marina. Gerace marina ist die Bahnstation. Von hier hat man nach der alten Stadt hinauf beiläufig eine Stunde Weges. (Siehe die Ansicht von Gerace. Taf. VI, Fig. 3).

In der Umgebung von Gerace lassen sich in den jüngeren Bildungen folgende drei Hauptgruppen unterscheiden:

1. Miocänbildungen.
2. Pliocänbildungen.
3. Quaternärbildungen.

Diese drei Altersstufen sind durch allgemeine, tiefgreifende Discordanzen geschieden.

Miocänbildungen.

In den Miocänbildungen lassen sich folgende Glieder unterscheiden:

a) Flyschartige, gypsführende Mergel. Sie liegen unmittelbar auf dem Granit des Mte. Jejunio und treten allenthalben am Fusse der hoch aufragenden Pliocänplateaus hervor, zwischen denen sie ein niedriges Hügelland bilden.

In Hinsicht ihrer petrographischen Beschaffenheit ähneln sie ausserordentlich dem Flysch. Es sind blaue, grünliche oder rothe, bald mehr weiche, bald steifere, schieferige Mergel, welche mit Bänken von festem Mergelkalk und Sandstein wechseln. Sehr eigenthümlich ist die Structur dieses Terrains, welche sich namentlich an solchen Punkten zeigt, an denen die weichen, nachgiebigen Schichten die Oberhand haben. An solchen Stellen ist nämlich jede Spur von Schichtung verloren gegangen und es hat den Anschein, als ob die ganze Masse in einer fliessenden, rollenden Bewegung gewesen wäre. An der nackten Oberfläche sowohl, als auch noch deutlicher in den tief eingeschnittenen Regenrissen, sieht man nichts als eine vielfach gefaltete, geknitterte und durcheinander gewundene Mergelmasse, in der ordnungslos zerstreut kleinere und grössere Blöcke und Schollen von Mergelkalk und Sandstein gleichsam schwimmend suspendirt sind. Diese Ausbildungsweise ist in der Umgebung von Gerace die vorherrschende und sie macht nur dort einer regelmässigeren Schichtung Platz, wo die festen Bänke das Über-

gewicht gewinnen. Es ist dies namentlich in den tieferen Theilen der Ablagerung der Fall, wo man z. B. an der Basis desselben und dem Granite des Mte. Jejunio unmittelbar aufgelagert ein System regelmässig geschichteten, groben, lichten Sandsteines findet. Es sind dies dieselben Sandsteine, welche bei Agnana das bekannte Kohlenflötz enthalten.

Von Versteinerungen konnte ich in diesem Schichtencomplex keine Spur finden und selbst Proben weichen Mergels, welche zum Schlämmen mitgenommen wurden, zeigten sich vollkommen fossilleer. Dagegen enthält der Mergel sehr viel Gyps, welcher allenthalben an der Oberfläche und an den Klüften ausblüht und auch in scherbenartigen Krusten überall an der Oberfläche zerstreut umherliegt, welche Krusten bei oberflächlicher Betrachtung täuschend den Effect umherliegender Austernschalen hervorbringen.

b) Miocäner Kalkstein. Mitten in den Pliocänbildungen, welche das Plateau von Gerace, sowie die vorliegenden Hügel zusammensetzen, trifft man oft plötzlich, klippenartig in die jüngeren Ablagerungen hineinragend, isolirte Felsen eines Kalksteines, welcher ausserordentlich an viele Alpenkalke erinnert. Er ist weisslich, gelblich oder röthlich, rauchwackenartig, breccienartig oder vollkommen dicht, ohne Spur von Versteinerungen in dicke Bänke gesondert und entspricht in jeder Beziehung vollkommen dem miocänen Kalke von Messina. Er wird an mehreren Stellen deutlich von den gypsführenden Mergeln unterteuft und ist daher jünger als diese.

Pliocänbildungen.

a) Grundgerölle. Das tiefste Glied des Pliocän in der Umgebung von Gerace wird durch gewaltige Geröllablagerungen gebildet, welche stellenweise eine Mächtigkeit von beiläufig 15° erreichen. Diese Ablagerung besteht aus einem groben Granitgrus und einer ungeheuren Menge von Geröllen und abgerundeten Blöcken von Granit, Sandstein und miocänem Kalkstein, welche mitunter einen Durchmesser von 2 Fuss erreichen. Mitten in diesem Gerölle und zwischen den Blöcken trifft man nicht selten Nester und Brocken von grünlichem Letten und gelbem Thon, welche bisweilen noch eine eckige Contour zeigen und dann wie

Bruchstücke einer Thonbank aussehen. Von Petrefacten ist in den Geröllen kaum eine Spur zu finden. An einer einzigen Stelle fand ich in den obersten Schichten, an der Grenze gegen die Mergeln, Trümmer eines Pecten.

b) Weisse Mergel. Unmittelbar über den Blockanhäufungen der Grundgerölle folgen mit scharfer Abgrenzung Ablagerungen von geradezu entgegengesetztem Charakter, nämlich ausserordentlich zarte, homogene, weisse Mergel, welche bisweilen ein kreidiges Aussehen gewinnen und dann sehr gewissen mergeligen Varietäten der weissen Kreide gleichen. Conchylien finden sich an vielen Stellen sehr zahlreich und in vorzüglicher Erhaltung, was jedoch vorzüglich charakteristisch für diesen weissen Mergel ist, istdie ungeheure Menge von Foraminiferen, welche er enthält und welche bisweilen beinahe die Hälfte der Gesammtmasse ausmacht, so dass man den Mergel mit einigem Rechte als Foraminiferenschlamm bezeichnen könnte. Es ist dies eine weitere Ähnlichkeit, welche dieser Schlamm mit der weissen Kreide zeigt, und dieselbe wird dadurch noch auffallender, dass hier genau so wie in der weissen Kreide der grösste Theil der Foraminiferen aus Orbulinen und Globigerinen gebildet wird.

An vielen Stellen zeigt dieser Mergel eine sehr eigenthümliche Structur. Es wechseln nämlich mit ausserordentlicher Regelmässigkeit 1' mächtige Lagen von dunklerem und lichterem Material, wodurch die Ablagerung aus der Entfernung betrachtet ein ausserordentlich zierlich gebändertes Ansehen gewinnt. Die Natur der Verschiedenheit der einzelnen Schichten scheint nicht an allen Punkten genau dieselbe zu sein. Während nämlich an einzelnen Punkten graue, thonige, mit mehr kreidigen, weissen Schichten wechseln, scheint an andern Punkten der Wechsel zwischen mehr thonigen und mehr sandigen Schichten stattzufinden.

Dieses Formationsglied, welches vollkommen dem weissen Mergel von Messina entspricht, bildet den wesentlichsten Bestandtheil des Terrain zancléen Seguenza's und ist eines der constantesten und charakteristischsten Glieder des calabrischen Pliocäns. Es erreicht oft eine sehr bedeutende Mächtigkeit und ist schon von weitem an der weissen Färbung und der regelmässigen Bänderung zu erkennen. An Stellen, wo die darüber-

liegenden Schichten weggewaschen und die Mergel der unmittelbaren Einwirkung des Regens ausgesetzt sind, wird die ganze Masse allmälig in eine Unzahl spitzer, zuckerhutförmiger Kegel aufgelöst, welche in kleinem Massstabe das Bild des wildesten Dolomitgebirges wiederholen.

An Versteinerungen sind diese Mergel in der Umgebung von Gerace ziemlich reich. (Siehe den Abschnitt „Ein Gang in das Thal von Gerace".)

c) Gelber Sand. Über den weissen Mergeln des Zancléen folgen, bald scharf abgegrenzt, bald allmälig übergehend, feine, weiche, lichtgelbe, sehr glimmerreiche Sande, welche ebenfalls noch eine grosse Menge Orbulinen und Globigerinen, daneben aber an vielen Stellen eine grosse Menge kleiner Gastropoden (Cerithien, Turbonillen, Rissoen) und einen kleinen glatten Pecten, wahrscheinlich *P. antiquatus Phil.* führen. Der Zustand dieser Conchylien ist aber ein so schlechter, dass dieselben weder an Ort und Stelle gesammelt, noch auch durch Schlämmen gewonnen werden können.

d) Bryozoenkalk. Das oberste Glied des Pliocänen in der Umgebung von Gerace wird durch einen mürben, grobtuffigen Kalkstein von lichtgelber Farbe gebildet, welcher allenthalben die Höhen der Pliocänplateaus einnimmt und fast ausschliesslich aus zertrümmerten Bryozoen besteht. Daneben finden sich in grosser Menge, und mitunter in einzelnen Lagen zu selbständigen Schichten angehäuft, Balanen, Terebrateln, Austern, Pecten, Echiniden und Amphisteginen. Auffallend war mir das vollständige Fehlen von Nulliporen, von welchem, in ähnlichen Ablagerungen sonst so häufigen Fossil, ich während meines ganzen Aufenthaltes in Gerace auch nicht eine Spur entdecken konnte.

Die transversale Schichtung, welche sich bereits hie und da in dem feinen, gelben Sande zeigte, wird in diesem groben Bryozoengestein zu der herrschenden Lagerungsform und man kann in den Strassen von Gerace dieses Phänomen allenthalben in allen Graden der Entwickelung studiren. (Taf. V, Fig. 3, 4.)

Quaternärbildungen.

Die Quaternärbildungen werden, genau so wie bei Messina, durch tief rostbraune Massen von Quarzgeschieben gebildet, welche längs dem Meere eine Reihe niedriger Hügel zusammensetzen, gegen das Innere des Landes zu etwas aufwärts steigen und überall discordant auf den verschiedenen Gliedern des Tertiär ruhen. Die Geschiebemassen tragen äusserlich ganz den Charakter fluviatiler Ablagerungen und ähneln in allen Punkten ausserordentlich unserem Belvedereschotter. Fossilien konnte ich bei Gerace in denselben nicht finden.

2. Beschreibung einzelner Localitäten.

A. Ein Gang aus der Stadt Gerace am westlichen Absturz des Stadtberges hinabsteigend zum Monte Jejunio und zurück am östlichen Abhange des Berges wieder zur Stadt aufsteigend.

Von der Stadt Gerace am westlichen Absturze des Berges, gegen das Thal des Merico hinabsteigend, zeigt sich von oben nach unten folgende Schichtenfolge. (Taf. V, Fig. 1.)

20° Bryozoenkalk. Grobes, mürbes, lichtgelbes Gestein, hauptsächlich aus zertrümmerten Bryozoenstämmchen gebildet. Dazwischen finden sich in grosser Menge Balanen, Scherben von Pecten und Austern, Terebrateln, Echinidenstacheln, Korallen und Amphisteginen. Von sonstigen Versteinerungen fand ich nur einige *Trochus*- und *Arca*-Arten, von Nulliporen konnte ich trotz eifrigen Suchens keine Spur entdecken. Das Material ist in dicken Bänken gesondert, welche fast durchgehends falsche Schichtung zeigen. Zwischen den einzelnen Bänken finden sich meist lose, grusige Zwischenlagen.

10° Feiner gelber Sand mit unregelmässigen, wie zerfressenen Concretionen, oder mit unregelmässigen, zusammenhängenden Sandsteinbänken von verschiedener Mächtigkeit. Hie und da finden sich in dem Sande Schnüre von kleinen Geröllen, mit Bryozoen, Balanen, Austern und Pecten.

20° Weisser, kreidiger Mergel mit einzelnen Brauneisenstein-Concretionen und fucoidenartigen Abdrücken, im obe-

ren Theile gleichmässig homogen, nach unten zu regelmässig gebändert. Keine Fossilien.

10° Grundgerölle. Grobe Gerölle aus Urgebirgsgestein mit abgerollten grossen Blöcken, ohne Fossilien.

Die Gerölle zeigen gegen Süden zu ein sehr auffallendes Verhalten. Sie nehmen nämlich in dieser Richtung ausserordentlich an Mächtigkeit zu (bis zu 20°), zeigen an ihrer oberen Grenze eine mehrfache Wechsellagerung mit den weissen Mergeln und führen hier sogar mitunter Pectenscherben. An einem Punkte sieht man sogar unter dem Gerölle eine Ablagerung von weissem Mergel, welcher sich durch nichts von dem oberen unterscheidet. In der Nähe davon sieht man eine Masse des löcherigen Miocänkalkes klippenartig in die Gerölle hineinragen.

Gypsmergel. Blaue, grünliche, stellenweise rothe Mergel mit zahlreichen Gypsausscheidungen ohne Petrefacte. Die Mergel wechsellagern häufig mit Sandstein und hydraulischen Mergeln und erscheinen meist mannigfach geknittert und gewunden, ohne deutliche Schichtung. Dieses Terrain hat eine sehr bedeutende Mächtigkeit und ich finde darüber in meinem Notizbuch folgende Notizen, welche während des Hinabsteigens in das Thal des Merico gemacht wurden.

Gypsmergel, dunkel grünlichblau und roth, ohne deutliche Schichtung, voll grosser eckiger Blöcke von Sandstein und hydraulischem Mergel. Sandstein auf den Klüften mit viel Gyps. An einer Stelle deutliche Schichtung, es wechselt der Gypsthon mit Bänken von hydraulischem Mergel und Sandstein. — Gypsmergel voll Gypskrusten wie Austernscherben. — Gypsmergel voll Sandsteinblöcke. — Gypsmergel voll kleiner Scherben von Sandstein und hydraulischem Mergel. (Die grossen Mergelblöcke zerfallen in kleine Scherben.) — Gypsmergel, steif, dünnblätterig mit dünnen Lagen von hydraulischem Mergel.

Die Gypsmergel lagern unmittelbar auf dem Granite des Monte Jejunio. In ihren tiefsten Schichten, dem Granite unmittelbar aufgelagert, finden sich Sandsteinbänke mit Schiefern wechsellagernd, welche in regelmässiger Lagerung ziemlich steil gegen die Küste zu einfallen.

Vom Monte Jejunio über die Gypsmergel zurückschreitend und an der östlichen Seite des Berges wieder zur Stadt aufstei-

gend, trifft man im allgemeinen ähnliche Verhältnisse, wie man sie an der westlichen Seite getroffen. Immerhin finden sich aber im einzelnen einige Abweichungen, welche der Erwähnung werth sind.

Die wichtigste Eigenthümlichkeit besteht darin, dass hier im Hangenden des Gypsmergels eine 10° mächtige Kalkmasse auftritt, welche, einer riesigen Scholle gleich dem Mergel aufgelagert, klippenartig in die Pliocänbildungen hineinragt und mit senkrechten Abstürzen gegen das Thal des Novito abstürzt. Der Kalkstein ist dicht, breccienartig oder rauchwackenartig, von lichtgelber oder rother Farbe und enthält keine Spur von Versteinerungen. Die Grundgerölle des Pliocän stossen sich an der plateauförmig aufragenden Kalkmasse ab, so dass im weiteren Verlaufe die weissen Mergel unmittelbar auf dem Kalke liegen.

In den Pliocänbildungen trifft man von unten nach oben folgende Schichten.

Grundgerölle. Gerölle und Grus mit Blöcken von Granit, Sandstein und miocänem Kalkstein, bis 2′ im Durchmesser, mit Nestern und Brocken von grünlichen Schlieren und gelblichem Thon, 7° mächtig, nach vorne zu sich über dem miocänen Kalke auskeilend.

Gebänderte Mergel. Es wechseln zuerst weisse, harte, mit grauen fetteren Bänken, später mergelige mit feinsandigen Schichten. Keine Petrefacte. (An mehreren Stellen zeigen sich in diesen gebänderten Mergeln Verwerfungen. Taf. VII, Fig. 4.)

Sande:

a) Feiner, loser, milder, lichtgelber Sand.

b) Ebensolcher Sand mit zerfressenen Sandsteinconcretionen.

c) Sandsteinbänke.

d) Loser, milder Sand.

e) Loser Sand mit Concretionen und Bänken.

Bryozoenkalk. Gegen den Sand zu scharf abgegrenzt, regelmässig horizontal geschichtet, 2°.

Feiner, gelber Sand, in der oberen Hälfte mit falscher Schichtung, 2°.

Bryozoenkalk, in grosser Mächtigkeit den übrigen Theil des Plateaus bildend, durchgehends falsch geschichtet. (Taf. V, Fig. 4.)

B. Ein Gang in das Thal von Gerace.

Wenn man von dem unteren Theil der Stadt Gerace gegen das Meer zu blickt, sieht man zwischen den Hügeln zu seinen Füssen ein tiefes Erosionsthal, welches unterhalb Gerace in der Form eines gewaltigen, tiefen Regenrisses beginnt und sich gegen das Meer zu allmälig erweitert: das Thal von Gerace.

Der rechte Abhang des Thales ist mehr abgeflacht, verwachsen und bietet, mit Ausnahme einiger miocäner Kalkklippen, wenig Bemerkenswerthes dar. Um so interessanter gestaltet sich jedoch die linke Thalseite, welche beinahe in ihrer ganzen Länge aus einer Reihe steil abstürzender Wände besteht, die den Bau des Tertiärgebirges bis in grosse Tiefen aufgeschlossen zeigen.

Man unterscheidet an diesen Wänden bereits aus der Entfernung eine obere, aus Sand und Bryozoenkalk, und eine untere aus den weissen Mergeln bestehende Abtheilung; zugleich überzeugt man sich jedoch, dass die analogen Ablagerungen in dem Thale unverhältnissmässig tiefer liegen als am Stadtplateau von Gerace selbst, so dass es den Anschein hat, als ob die Vorhügel, durch eine Reihe von Verwerfungen, treppenförmig gegen das Meer zu abgesunken wären.

Ein genaues Studium dieses Thales würde gewiss sehr viel interessante Details zu Tage fördern. Bei der Kürze der mir zugemessenen Zeit musste ich mich begnügen, folgende Beobachtungen zu machen.

Beim Hinabsteigen in das Thal trifft man von oben nach unten der Reihe nach: Bryozoenkalk, feinen gelben Sand, weissen Mergel.

In den obersten Lagen der weissen Mergel trifft man hier häufig Nester und unregelmässige Lager von Sand, Grus und Geröllen mit Bryozoen, Balanen, Austern und Pecten eingeschaltet.

Eine Strecke weiter gegen das Meer zu, ungefähr in der Mitte des Thales, hat man zur linken hohe, senkrecht abgestürzte Wände, welche bereits etwas abgeänderte Verhältnisse zeigen. Der Bryozoenkalk tritt hier nämlich nicht mehr als selbständige Bildung auf, sondern mehr den Sanden untergeordnet und mit denselben bank- und lagenweise wechselnd. Der Sand

selbst zeigt sich auch gegen den weissen Mergel zu nicht mehr so scharf gesondert, wie dies am Stadtberge von Gerace sonst überall der Fall ist, sondern er geht sehr allmälig in denselben über. (Taf. VI, Fig. 1.)

Am Fusse der Wände finden sich eine Menge grosser abgestürzter Blöcke von Sand und Bryozoenkalk, welche zahlreiche Versteinerungen, namentlich Brachiopoden, Balanen und Echiniden enthalten.

Ich sammelte hier folgende Arten:

Ostraea sp.
Pecten jacobaeus Lam.
„ *opercularis Lam.*
Terebratula grandis Blumb.
„ *vitrea Born.*
„ *sphenoidea Phil.*
„ *minor Suess.*
Terebratulina caput serpentis Linné.
Balanus sp.
Echinus sp.
Cellepora sp.
Bryozoen div. sp.

Hinter den soeben geschilderten Wänden ändern sich die Verhältnisse abermals. Der obere, aus Sand und Bryozoenkalk bestehende Schichtencomplex keilt sich plötzlich aus und die weissen Mergel ragen bis an die Oberfläche empor. Die Mächtigkeit der weissen Mergel beträgt hier von der Oberfläche bis hinunter in die Thalsohle mindestens 300′. Sie sind zum grössten Theile deutlich gebändert, indem fettere Lagen mit mageren, kreidigen Bänken wechseln und fallen hier widersinnig ziemlich steil gegen Gerace zu. In den obersten Lagen ist eine kleine Ziegelei angelegt, in welcher sich ziemlich viel Petrefacte finden. Das Hauptlager derselben befindet sich jedoch etwas unterhalb der Ziegelei, beiläufig im oberen Dritttheil der Mergel. Der untere Theil ist vollkommen fossilleer.

In der Ziegelei und unterhalb derselben sammelten wir folgende Fossilien:

Erato laevis Don. 1.
Columbella costulata Cantr. 26.

Buccinum prismaticum Brocc. 42.
" *semistriatum Brocc.* 270.
" *spinulosum Phil.* 2.
Cassidaria echinophora. Lam. Bruchstücke.
Chenopus pes pelecani Phil. 32.
Triton nodiferum Lam. var. enod. 1.
Fusus pulchellus Phil. 14.
Murex multilamellosus Phil. 18.
Pleurotoma nodulifera Phil. 3.
" *cf. harpula Brocc.* 1.
" *modiola Jan.* 14.
" *crispata Jan.* 2.
" *Vauquelini Payr.* 1.
Cancellaria lyrata Brocc. 1.
Trochus filosus et glabratus Phil. 75.
" *marginulatus Phil.* 3.
" *granulatus Born.* 3.
Scalaria sp. 1.
Solarium sp. 1.
Natica sordida Phil. 43.
Dentalium elephantinum aut. 180.
" *entalis Linné.* 24.
Bulla sp.
Orbis foliaceus Phil. 1.
Verticordia acuticosta Brocc. 3.
Lucina spinifera Mont. 1.
" *digitalis Lam.* 1.
Astarte sp. 2.
Nucula Polii Phil. 32.
Leda pusio Phil. 24.
" *excisa Phil.* 26.
" *cuspidata Phil.* 1.
Limopsis aurita Brocc. 18.
Arca aspera Phil. 3.
" *obliqua Phil.* 3.
Pecten pes felis Lam. 1.
" *antiquatus et fimbriatus Phil.* 6.
" *polymorphus Br.* 2.

Terebratula sp. Bruchstücke.
Terebratulina caput Serpentis Linne. 1 kl. Exempl.
Caryophyllia sp.
Ceratocyathus communis Seg.
Conotrochus typus Seg. 23.
Amphihelia sculpta Seg.
Lophohelia Defrancei E. et H.
Diplohelia Meneghiniana Seg.
" *Doderleiniana Seg.*
" *Sismondiana Seg.*
Coenopsammia Scillae Seg.
Dendrophyllia cornigera Seg.
Isis sp.

C. Der Gang auf der neuen Strasse von Gerace paese zum Meere nach der Station (Gerace marina).

Im Verlaufe der letzten Jahre wurde von der Stadt Gerace (Gerace paese) nach der am Meere gelegenen Station (Gerace marina) eine neue Strasse angelegt. Durch die mannigfachen Erdarbeiten, welche bei dieser Gelegenheit nothwendig waren, wurde längs dieser Linie eine Reihe von Aufschlüssen geschaffen, welche zur Zeit meiner Anwesenheit noch vollständig frisch und ungestört, sehr bequeme Gelegenheit zu zahlreichen Detailbeobachtungen gaben, welche nicht nur vielfach an und für sich interessante Verhältnisse zeigten, sondern auch wesentliche Aufschlüsse über die gesammte Tektonik des Tertiärgebirges von Gerace lieferten.

Es wurde nämlich bereits früher bemerkt, dass bei Gerace, in den näher gegen das Meer gerückten Vorhügeln die einzelnen Glieder des Pliocän in einem auffallend tieferen Niveau liegen als am Stadtberge, und daraus die Folgerung gezogen, dass diese Vorhügel abgesunkene Theile des Pliocänplateaus darstellen. Sollte sich die Sache wirklich so verhalten, so folgt daraus wohl unmittelbar, dass sich zwischen den Vorhügeln und dem Stadtberge von Gerace grosse Verwerfungen befinden, und man musste wohl erwarten, beim Hinabsteigen längs der neuen Strasse Spuren solcher Verwerfungen zu finden.

Diese Voraussetzung findet sich auch in der That wirklich bestätigt und stellen die Aufschlüsse längs der Strasse fast eine continuirliche Reihe von Verwerfungen und Störungen aller Art dar. Besonders bemerkenswerth ist der Umstand, dass, während man am Fusse der Stadt bereits die Zancléenmergel unter den Füssen hat, man beim weiteren Hinabsteigen, nach einer Reihe heftiger Verwerfungen, plötzlich wieder auf Bryozoenkalk stösst.

Im Nachfolgenden will ich nun versuchen, eine Beschreibung der einzelnen Aufschlüsse in der Reihenfolge zu geben, wie ich sie beim Hinabsteigen in meinem Notizbuch verzeichnete.

a) Unmittelbar unterhalb der Stadt, rechts an der Strasse, ein flacher Hügel aus weissem Mergel.

b) Der nächste Hügel zeigt ober dem Mergel 2° feinen gelben Sand. Diese Bildung hält eine geraume Strecke an. Der Sand wechselt von 1°—2°. Kein Bryozoenkalk.

c) Links an der Strasse taucht eine Klippe von löcherigem miocänen Kalkstein auf, von Grundgerölle überlagert, welche abgerollte Blöcke aus Granit und Kalkstein enthält.

d) Rechts Grundgerölle, von weissem Mergel überlagert. Derselbe ist vielfach gestört und verstürzt und fällt unter eine Klippe von löcherigem, miocänem Kalkstein ein. Der Kalkstein enthält eine ziegelrothe Leiste wellenförmig gewundenen Mergels. (Taf. VII, Fig. 5.)

e) Weisser Mergel in sehr gestörter Lagerung, welcher eine lange Strecke anhält. Im Hangenden derselben stellt sich eine Lage von Geröllen ein. (Diluvial??)

f) Rechts an der Strasse eine Klippe von miocänem Kalk, von Geröllen bedeckt.

g) Der Kalkstein dauert eine geraume Strecke an, unter demselben tritt an einer Stelle der Gypsthon hervor.

h) Löss- und schuttartiges, undeutliches Terrain.

i) Rechts an der Strasse treten weisse Mergel auf. Nachdem dieselben eine Strecke weit angedauert, brechen sie plötzlich mit einer Verwerfungskluft ab und es zeigt sich nun an einer langen, frisch abgegrabenen Wand in der vollkommensten Weise blossgelegt eine Erscheinung, welche auf den ersten Blick etwas ausserordentlich Frappirendes hat. (Taf. VI, Fig. 1.) Es zeigt sich nämlich eine Reihe isolirter mauer-, pfeiler- und säulenförmiger

Massen von Bryozoenkalk, welche von braunen, diluvialen Sand- und Geröllmassen umhüllt und überlagert werden. Es ist hierbei zu bemerken, dass das diluviale Material die Zwischenräume zwischen den einzelnen Bryozoenkalkmassen keineswegs nivellirend ausfüllt, sondern dass es das Ansehen hat, als ob sie in dieselben von oben mit grosser Gewalt hineingepresst worden wären. Auffallend ist ferner noch der Umstand, dass jede dieser isolirten Partien von Bryozoenkalk auf das regelmässigste von einer Zone dunklen, harten, sandigen Mergels umgeben ist.

Die ganze höchst auffallende Erscheinung ist offenbar das Resultat einer Reihe von Verwerfungen. Die zwischen den isolirten Massen von Bryozoenkalk fehlenden Partien sind in die Tiefe gesunken, und in die hiedurch entstandenen Lücken ist von oben her das Diluvialmaterial nachgerückt.

k) Weisse Mergel, von Bryozoenkalk überlagert, darüber lössartiges Terrain mit Geröllen und Landschnecken.

l) Weisse Mergel, von Bryozoenkalk überlagert, von einer Reihe von Verwerfungen durchsetzt. (Taf. VII, Fig. 3.)

m) Links an der Strasse weisse Mergel von diluvialem Sande und Gerölle überlagert. (Von hier aus die Ansicht in das Thal des Merico, Taf. VI, Fig. 2.)

n) Links an der Strasse 6° hohe Mergelwände. Die Schichten sind leicht gegen das Meer geneigt.

o) In dem Mergel zeigt sich eine tief ausgewaschene Mulde von braunem Diluvialsande erfüllt.

p) In dem Mergel zeigen sich Nester von Granitgeröllen und Granitgrus.

q) Der Mergel ist bräunlich, sehr sandig, mit sehr viel Nestern und Lagern von Granitgeröllen und Grus. An den steilen Abstürzen rechts an der Strasse sieht man, dass unter diesem Mergel der normale weisse Mergel in grosser Mächtigkeit folgt.

r) Links an der Strasse in grosser Mächtigkeit aufgeschlossene Massen von braunem Diluvialsand und Schotter von zahlreichen Verwerfungen durchsetzt. Im Sande zeigt sich sehr viele falsche Schichtung. Der Schotter enthält abgerundete Blöcke von Granit und Sandstein bis zu 2′ Durchmesser. (Taf. VII, Fig. 2.)

s) Unter Diluvialschotter tritt weisser Mergel mit Conchylien hervor.

Chenopus pes pelecani Phil.
Buccinum semistriatum Brocc.
Natica sordida Phil.
Dentalium elephantinum aut.

t) Man ist hiemit im Thale angelangt und schreitet auf alluvialem Boden bis zur Station. (Taf. VI, Fig. 3.)

ANHANG.

Die Bäder von Gerace. (Siehe Taf. VI, Fig. 2.) Südwestlich von Gerace im Thale des Merico befinden sich im Gebiete der gypsführenden Mergel zwei Quellen, welche sich als Heilquellen in der Umgebung eines guten Rufes erfreuen.

Die beiden Quellen, obwohl nur wenige hundert Schritte von einander entfernt, sind übrigens vollständig verschiedener Natur. Die eine, eine ziemlich hochgradige Schwefeltherme, ist bereits gefasst und wird hauptsächlich zum Baden benützt. Die zweite ist ein kaltes Bitterwasser, welches als drastisch wirkendes Purgirmittel bei den Anwohnern in hohem Ansehen steht. Eine mitgebrachte Quantität von diesem Wasser wurde durch freundliche Vermittlung des Herrn Prof. Dr. Ludwig im Laboratorium der k. k. Handelsakademie einer genaueren Untersuchung unterzogen. Dieselbe ergab in 10.000 Theilen Wasser 103 Theile gelöster Salze und zwar zu ziemlich gleichen Theilen schwefelsaures Natron und schwefelsaure Magnesia. Das Wasser muss demnach als ein sehr reiches betrachtet werden.

III. Allgemeine Resultate.

Nachdem ich im Vorhergehenden versucht habe, ein möglichst getreues Bild der thatsächlichen Verhältnisse zu entwerfen, möchte ich mir nunmehr erlauben, an dieselben einige Betrachtungen von allgemeiner Natur zu knüpfen.

Der erste Gegenstand, welcher sich mir hier darbietet, betrifft die Natur und Bedeutung des „Terrain Zancléen“ Seguenza's, und ich bin umsomehr genöthigt, ausführlicher auf diesen Gegenstand einzugehen, als die Lösung dieser Frage das eigentliche Ziel meiner Reise in sich begreift.

Bekanntlich war es Prof. Seguenza, welcher zuerst darauf aufmerksam machte, dass gewisse weisse, kreideartige Mergel, die in inniger Verbindung mit Korallenkalken ein sehr charakteristisches Element der messinesischen Tertiärablagerungen bilden, eine Fauna enthielten, welche bedeutend von derjenigen der übrigen Pliocänbildungen abweiche und sich namentlich durch eine auffallend grosse Anzahl ausgestorbener Arten auszeichnen. Da das procentische Verhältniss der letzteren ein so grosses war, wie man es nur in Miocänbildungen zu finden gewohnt war, zögerte Prof. Seguenza auch nicht, der damaligen Anschauung entsprechend die weissen Mergel für miocän zu erklären und die zahlreichen, in diesen Ablagerungen vorkommenden Korallen als Miocän-Korallen zu beschreiben. Nachdem jedoch fortgesetzte Untersuchungen auch in der Umgebung von Messina die Fauna der wirklichen Miocänschichten in immer grösserer Ausdehnung kennen lehrten, musste wohl der grosse Unterschied immer deutlicher hervortreten, der zwischen dieser Fauna und derjenigen der weissen Mergel und Korallenkalke existirt, und Prof. Seguenza zögerte auch in richtiger Würdigung dieser Verhältnisse nicht, seine ursprüngliche Ansicht dahin zu modificiren, dass er nunmehr die weissen Mergel und Korallenkalke unter dem Namen „Terrain zancléen“ als ein selbständiges, zwischen Miocän und Pliocän vermittelndes Glied der tertiären Schichtenreihe aufstellte.

Indessen, auch diese Ansicht schien mir noch immer nicht die wahre Natur des Sachverhaltes zu treffen, und je mehr ich mich in den Gegenstand vertiefte, umsomehr setzte sich in mir die Überzeugung fest, dass das sogenannte „terrain zancléen" überhaupt keinen selbständigen Zeitabschnitt in der Entwicklungsreihe der Tertiärformation repräsentire, sondern dass dasselbe nur eine bestimmte Facies der Pliocänformation darstelle und zwar schien mir wieder das Wahrscheinlichste, dass dasselbe im Gegensatze zu den in seichtem Wasser gebildeten, astischen Bildungen, die gleichzeitigen Ablagerungen der tieferen See darstelle.

Meine Untersuchungen haben mich in dieser meiner Ansicht nur noch mehr befestigt und ich will es versuchen, im Nachfolgenden die einzelnen Momente näher zu beleuchten, welche mir zu Gunsten derselben zu sprechen scheinen.

Es ist eine bekannte Thatsache, dass das mineralische Material, welches durch einen Fluss vom Lande in einen See oder in das Meer geschoben wird, daselbst eine Sonderung nach der Grösse seines Korns erfährt, so zwar, dass die gröbsten Bestandtheile, wie die Gerölle und der grobe Grus zunächst der Küste abgesetzt werden, während die feineren und feineren Bestandtheile immer weiter und weiter hinausgeführt werden und in immer grösseren Tiefen zur Ablagerung kommen. Ebenso ist es bekannt, wie durch die Fortdauer dieses Processes allmälig Landmassen gebildet werden, welche zu oberst aus dem gröbsten und nach unten zu aus immer feineren und feineren Bestandtheilen bestehen.

Fassen wir nun die Ablagerungen des Pliocän bei Gerace ins Auge, so sehen wir, dass der Bau derselben, wenn wir für den Augenblick von dem sogenannten „Grundgerölle" absehen, vollständig diesen Voraussetzungen entspricht, indem sie zu unterst aus feinem, zarten Thon, darüber aus Sand und zu oberst aus grobem Bryozoengrus und losem Conchylienschutt bestehen, und so wie die weissen, homogenen Mergel durch ihre vorerwähnte eigenthümliche, regelmässige Schichtung Zeugniss ablegen von der grossen Ruhe, welche bei ihrer Bildung herrschte, ebenso tragen die Bryozoenschichten in der in ihnen vorherrschenden falschen Schichtung die unzweifelhaftesten Beweise,

dass sie in lebhaft bewegtem, seichten Wasser abgesetzt wurden, und es ist in dieser Beziehung noch besonders hervorzuheben, dass diese falsche Schichtung um so entschiedener und allgemeiner hervortritt, je höher man in dem Schichtencomplexe der Bryozoenschichten hinaufsteigt.

In vollkommener Übereinstimmung mit diesen Anschauungen befindet sich auch die Fauna, welche die verschiedenen Schichten enthalten. Während nämlich die, in den Bryozoensanden zu Bänken angehäuften Balanen, Austern, Pecten, Neitheen, Echiniden, sowie die Amphisteginen und Polystomellen bekannt sind als die Bewohner seichter Gründe; enthalten die weissen Mergel des Zancléen hingegen eine Fauna, welche vollständig derjenigen entspricht, welche man in den grösseren Tiefen des Mittelmeeres findet. In letzterer Beziehung verdien‘ besonders das massenhafte Vorkommen der Globigerinen und Orbulinen in den weissen Mergeln hervorgehoben zu werden, welche bisweilen einen so grossen procentischen Bestandtheil des gesammten Materiales ausmachen, dass man dasselbe nicht mit Unrecht geradezu als Orbulinen- oder Globigerinenschlamm bezeichnen könnte. Es ist dies eine Eigenthümlichkeit, welche die weissen Mergel mit der als typische Tiefseebildung bekannten weissen Kreide gemein hat, wie denn überhaupt hervorgehoben zu werden verdient, dass kaum ein anderes Formationsglied bekannt ist, welches durch seine petrographische Beschaffenheit sowohl, als auch durch die Art und Weise seines Auftretens eine grössere Ähnlichkeit mit der weissen Kreide zeigen würde, als eben die weissen kreidigen Mergel des Zancléen.

Eine weitere Stütze der vorerwähnten Ansicht erhält man, wenn man bei Gerace die Verbreitung der einzelnen Schichten vom Gebirge, also dem ehemaligen Ufer, gegen das Meer, also gegen die ehemaligen Meerestiefen zu, verfolgt. Es zeigt sich hiebei nämlich sehr auffallend, dass vom Gebirge gegen das Meer zu die groben Materiale a b-, die feineren hingegen z u n e h m e n, und es zeigt sich hiebei noch ferner die Erscheinung, dass, während man am Stadtberge von Gerace, also in der Nähe des ehemaligen Ufers, die einzelnen Schichten verhältnissmässig sehr scharf von einander gesondert findet, dies im Thale von Gerace, also näher gegen das Meer zu, in weit geringerem Masse der Fall ist.

Die Bryzoenkalke und die feinen, gelben Sande, welche am hinteren Theile des Stadtberges als zwei vollständig und scharf geschiedene Schichten auftreten, zeigen am vorderen Theile desselben bereits mannigfache Wechsellagerung und an der hohen Wand, im Thale von Gerace, sind sie überhaupt kaum noch als getrennte Schichten erkennbar, sondern bilden einen einheitlichen sandig-grusigen Schichtencomplex, welcher nach abwärts zu ganz allmälig in die mächtig entwickelten weissen Mergel übergeht; man findet hier sogar an einzelnen Stellen in den oberen Schichten der weissen Mergel isolirte Nester und Lager von Bryozoengrus mit denselben Austern- und Pecten-Arten, welche die oberen Bryozoenschichten charakterisiren.

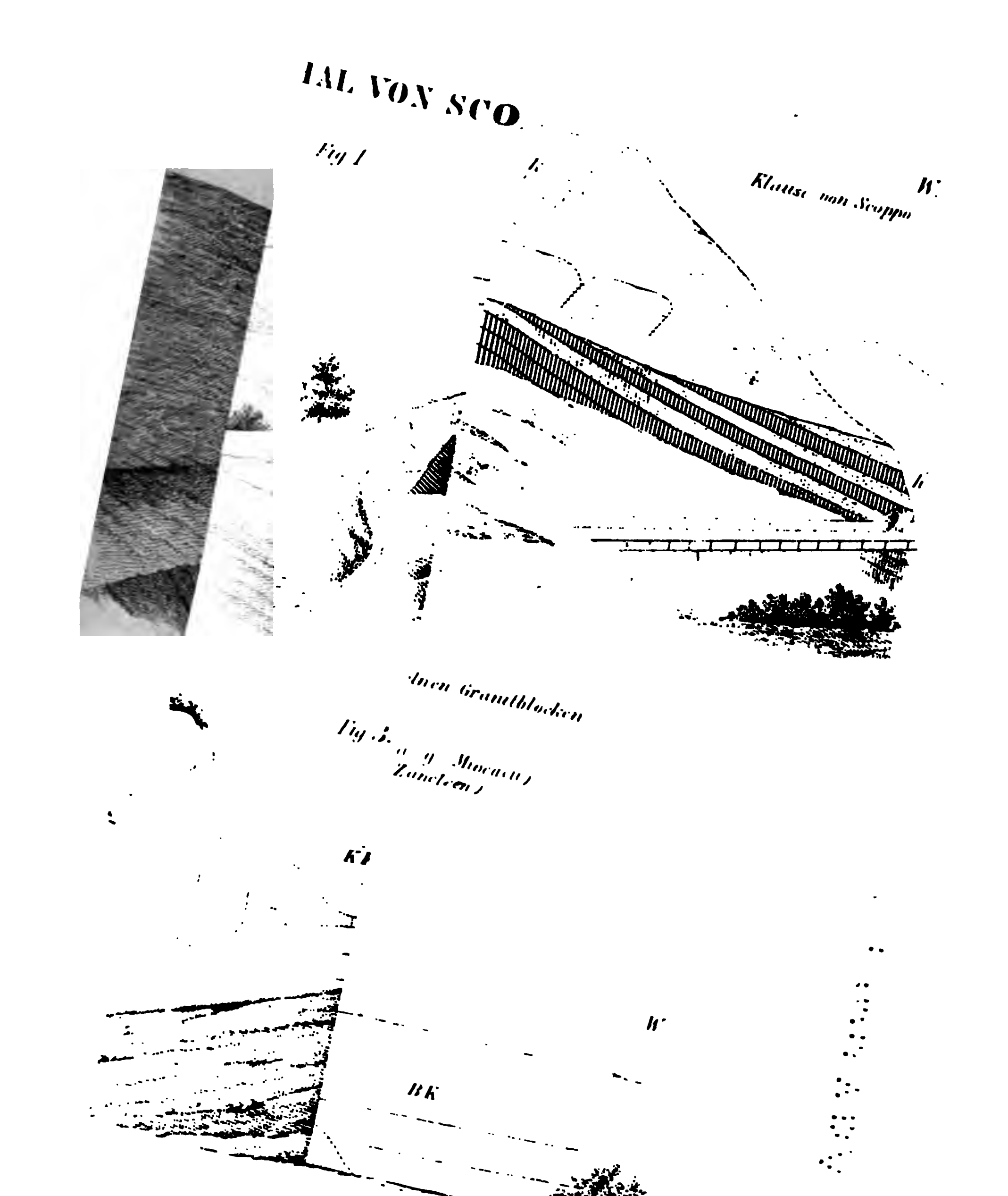
Durch alle diese Thatsachen scheint mir nun aber zur Genüge erwiesen, dass die beiden Schichtengruppen, welche man bisher unter dem Namen Astien und Zancléen, als zwei verschiedene Glieder des Pliocän betrachtete, nichts anderes sind, als die unter verschiedenen äusseren Verhältnissen gebildeten, zusammengehörigen Glieder derselben geologischen Epoche und zwar dass das „Astien" die Strandbildungen, das „Zancléen" hingegen die gleichzeitigen Tiefseebildungen darstellt.

Ein zweiter Punkt, welchen ich hier hervorheben möchte, bezieht sich auf die Ablagerungen des Miocän.

Professor Suess war bekanntlich der erste, welcher gewisse sandig-thonige Ablagerungen des österreichischen Miocän, welche sich durch das häufige Vorkommen von *Meletta*, *Nautilus*, *Pecten denudatus*, *Solenomya Doderleini*, sowie durch das Auftreten von Salz, Gyps und Schwefellagern auszeichnen, unter dem oberösterreichischen Vulgärnamen „Schlier" als selbständiges Formationsglied ausschied und den Nachweis führte, dass durch diesen „Schlier" die Ablagerungen des österreichischen Miocän, welche man bisher unter dem Namen der „marinen Stufe" oder „Mediterran-Stufe" zusammengefasst hatte, in zwei Gruppen, eine ältere und eine jüngere getheilt werde, so dass man in Folge dessen in Zukunft zwei Mediterranstufen werde unterscheiden müssen:

1. eine ältere Mediterranstufe, unter dem Schlier (Horner Schichten);

'h Fuchs. 7



von Scoppo

Kad d W math naturw Cl I.




Fuchs, Tertiaerb
Taf.II.
W.
O.
Fig.2.
W.
Fig.3.
Korallenkalk (Zancl.)
W.
Miocaene Conglom.
Miocaen Mollasse
Bryozoenkalk (Astie
üstengebirge südlich von Messina.
Druck v. Jos. Wagner in Wien.

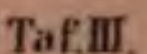


Fig. 2.

O.

W.

-dem Thale von San Nicola.

M.K. Klippe ... Gerölle. d. Grober Sand. e. Gerölle mit Balanen (Quaternaer)
W.M. Weisse ... Kalk mit Terebrateln. g. Isisbank. h. Dichter Korallenkalk
...tigkeit bis in die Thalsoole hinabreichend (Pliocaen)

Fig. 4

O.

W.

...höhen nördlich von Cattarratti.

...t horizontal gelagert. b. Miocaen Mollasse senkrecht abstür-
... c. Quaternaer Gerölle. d. Bryozoenkalk mit falscher Schich-
... Mergel mit Korallenkalk wechselnd (Sancleen.)

Quaternaer

Gerölle mit grossen Blöcken

Astien

Bryozoenkalk (sand.)

Conglomerat.

Sandig-mergelige Schichten mit Bänken von Merkelkalk.

Zancleen

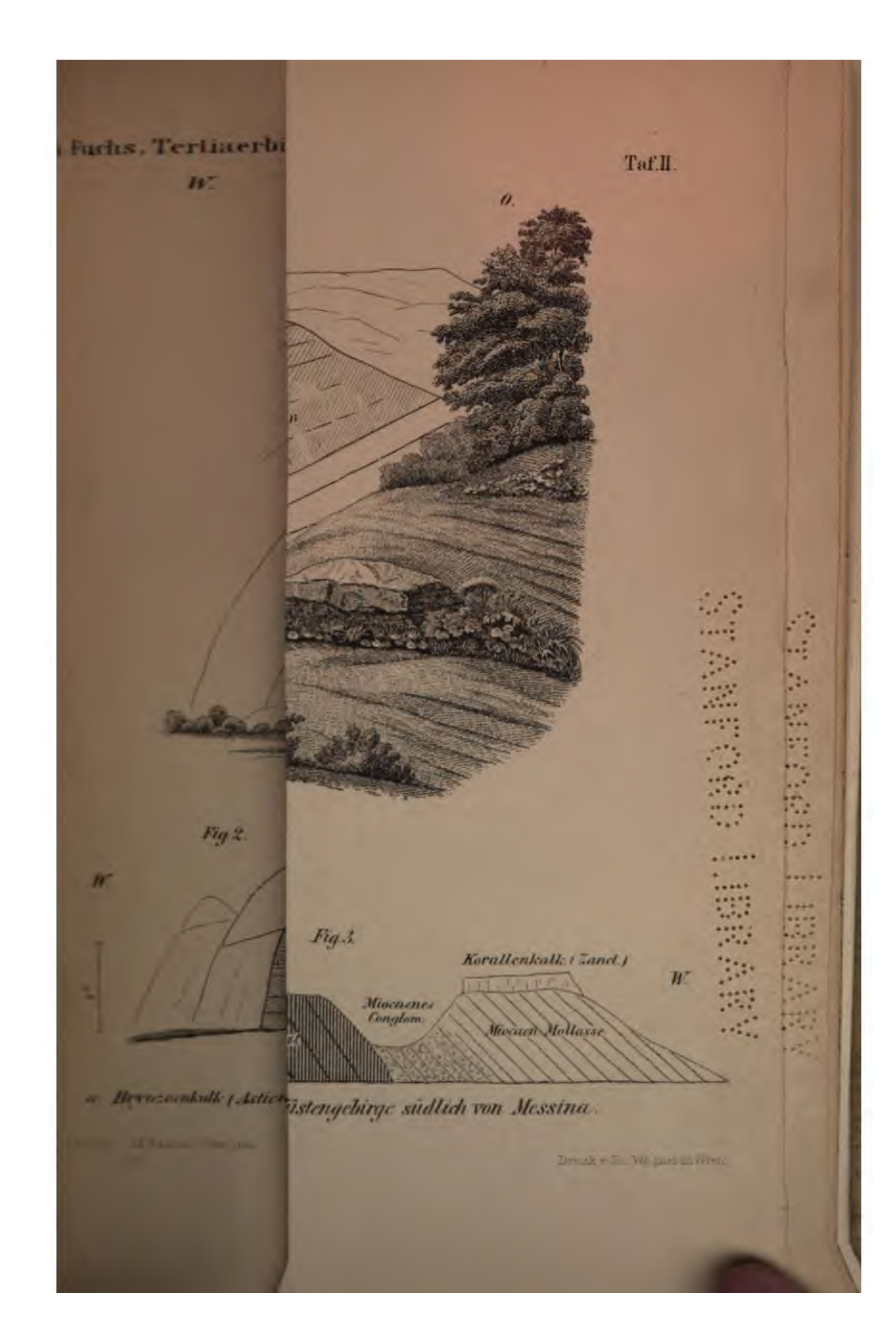
Geröllage

Weisse Mergel.

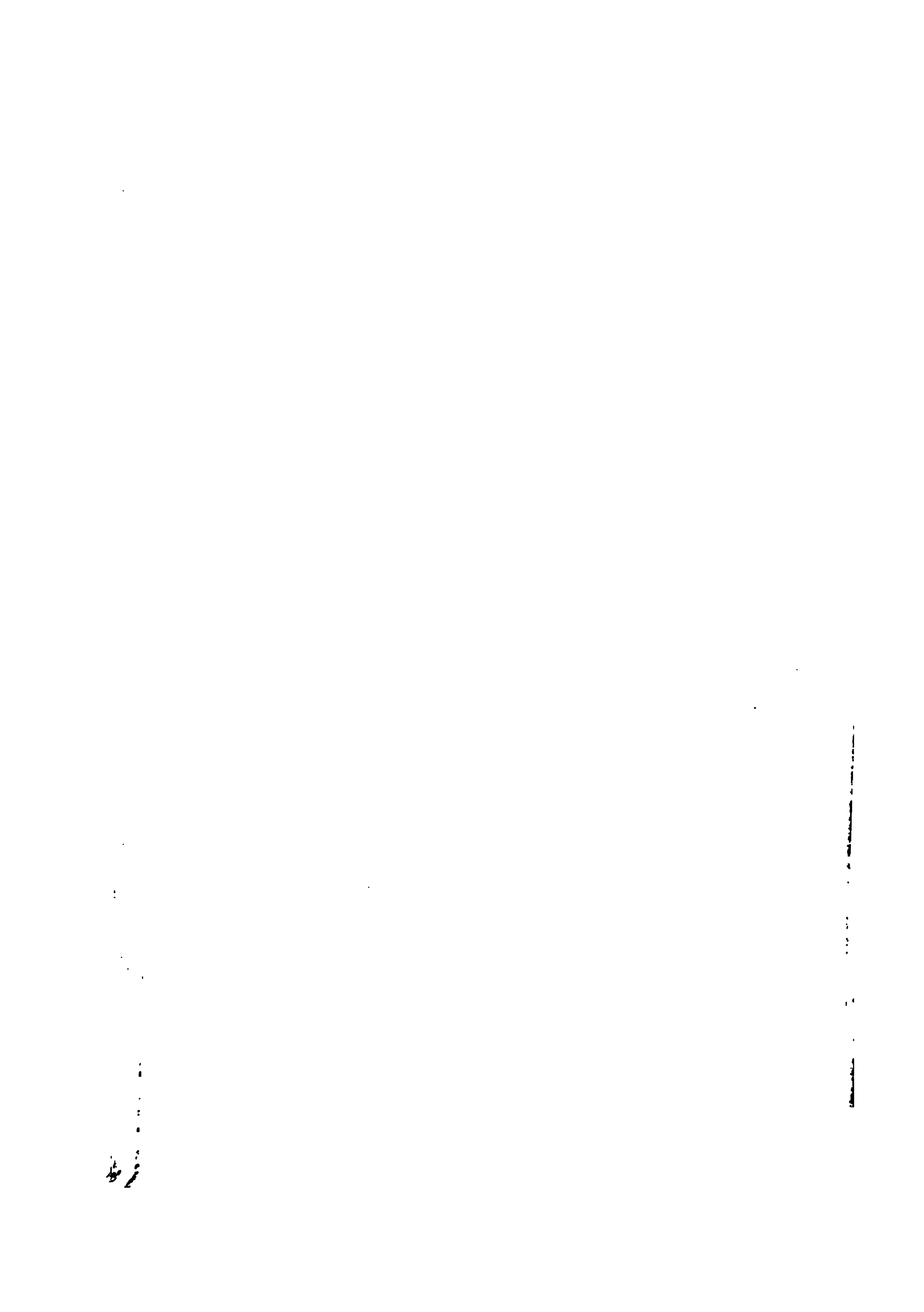
Korallenkalk.

Weiße Mergel.

Hauptlager d



Fuchs, Tertiaerbi
Taf. II.
W.
O.
Fig. 2.
W.
Fig. 3.
Korallenkalk (Zancl.)
W.
Miocenes Conglom.
Miocen-Mollasse
a. Bryozoenkalk (Astien
Küstengebirge südlich von Messina.
Druck v. Jos. Wagner in Wien.



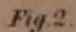
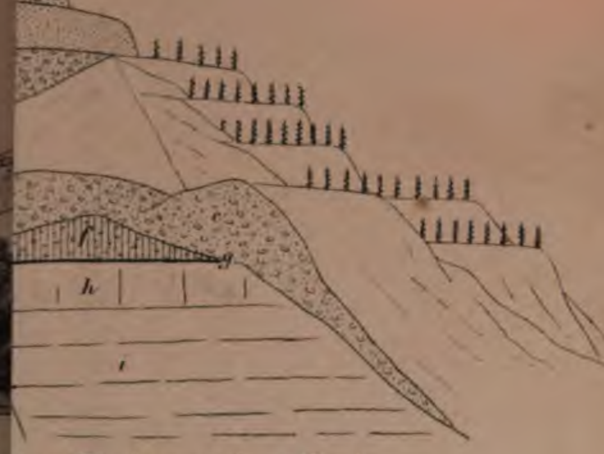


Fig. 2.



...dem Thale von San Nicola.

M.K. Klippe ... Gerölle. d. Grober Sand. e. Gerölle mit Balanen (Quaternaer)
W.M. Weisse ... Kalk mit Terebrateln. g. Isisbank. h. Dichter Korallenkalk
...tigkeit bis in die Thalsoole hinabreichend (Pliocaen)

Fig. 4.



...höhen nördlich von Cattarratti.

...t horizontal gelagert. b. Miocaen Mollasse senkrecht abstür-
... c. Quaternaer Gerölle. d. Bryozoenkalk mit falscher Schich
... Mergel mit Korallenkalk wechselnd (Sandeen.)

Druck v. Jos. Wagner, Wien.

Th. Fuchs, Tertiär...
Klause...

Taf. IV.

Quaternaer

Gerölle mit grossen Blöcken

Astien

Bryozoenkalk (sand.)

Conglomerat.

Sandig-mergelige Schichten mit Bänken von Merkelkalk.

Geröllage.

Weisse Mergel.

Zancleen

Korallenkalk.

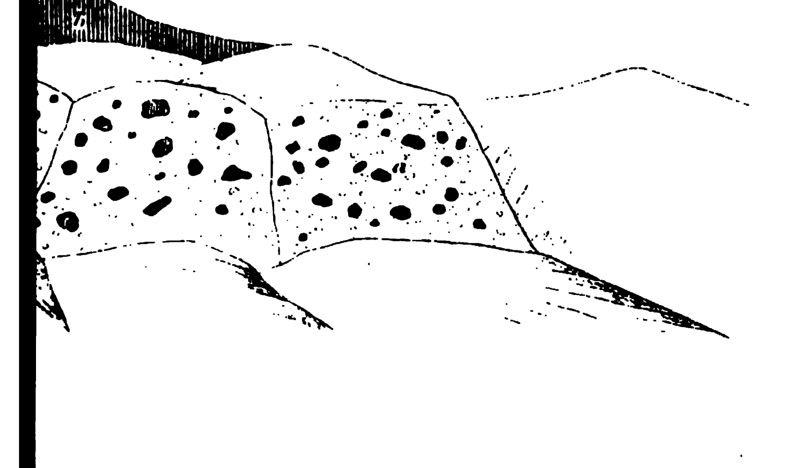
Weiße Mergel.

Hauptlager d...

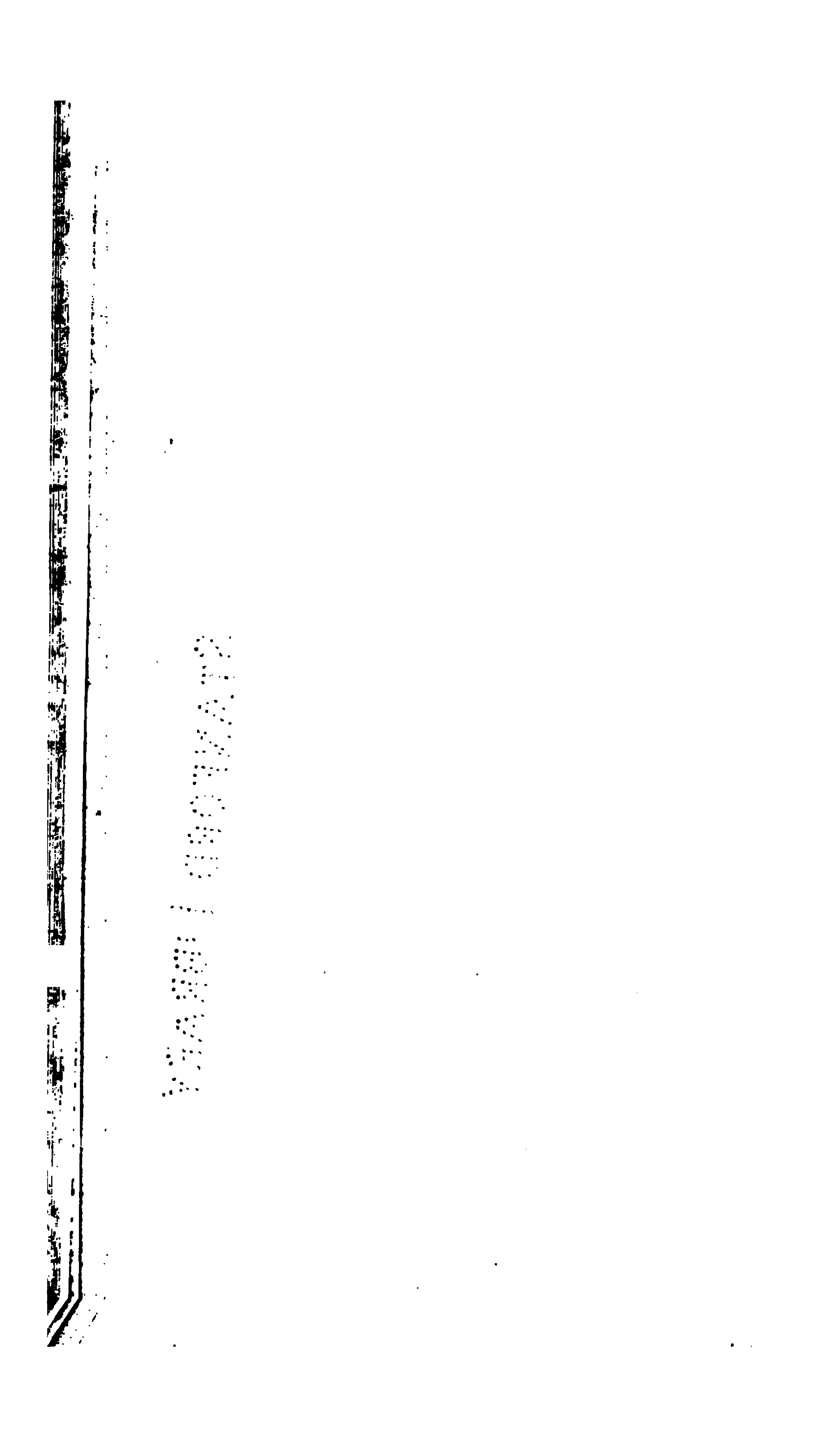
Taf.V.

O.

Richtung zum Meere.



chtung



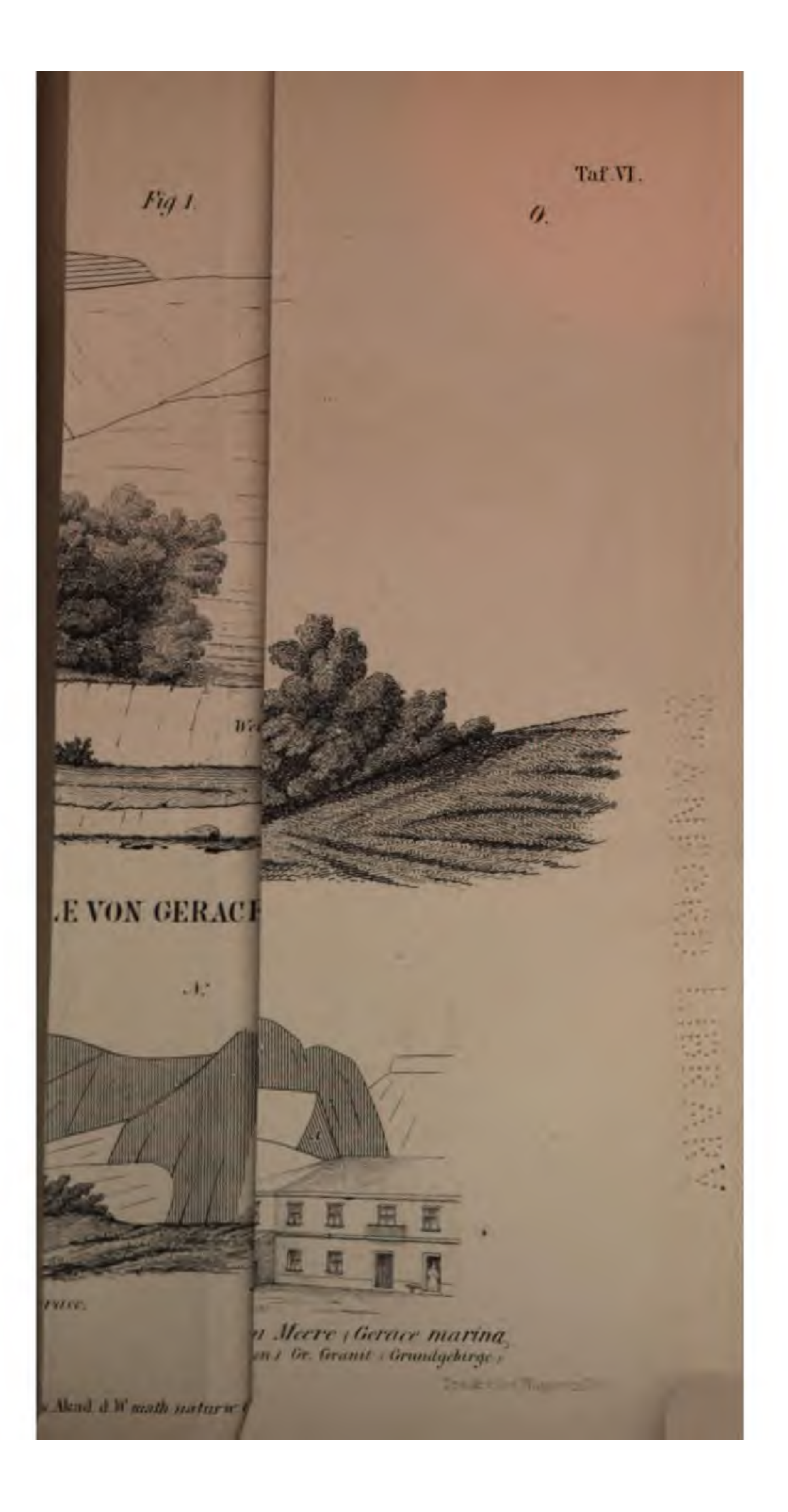

Taf. VI.
Fig 1.
O.
We
.E VON GERAC
N.
rnce.
n Meere (Gerace marina
n) Gr. Granit (Grundgebirge)
Akad. d. W. math. naturw.

Fig. 1

…r Strasse von…
…ger Mergel . c. Gelb…

Fig. 5.

An der Strasse nach Gerace.

Druck v. Jos. Wagner in Wien.

2. eine jüngere Mediterranstufe, ober dem Schlier (Gainfahrner, Enzesfelder, Steinabrunner Schichten).

Diese Zweitheilung unserer Mediterranstufe, welche bereits an und für sich ein äusserst interessantes Problem darstellt, hat noch eine besondere Bedeutung erlangt, seitdem sie mit gewissen grossen tektonischen Verhältnissen unserer grossen Kettengebirge in innigsten Zusammenhang gebracht wurde, so dass wohl jeder Beitrag, welcher geeignet erscheint, einiges Licht auf diese Frage zu werfen, auf ein reges Interesse rechnen darf. Ein solcher Beitrag scheint sich mir nun in der That aus der Betrachtung der süditalienischen Miocänbildungen zu ergeben.

Ich habe bereits bei der Schilderung der Miocänbildungen von Messina darauf aufmerksam gemacht, dass die, der Sandmolasse eingelagerte Thonbildung, sowohl petrographisch, als auch hinsichtlich ihrer Fauna, eine grosse Analogie mit dem Schlier zeige und dass namentlich der für den Schlier so charakteristische *Pecten denudatus Reuss* auch in dem Thone von Messina vorkomme. Es scheint nun ebenso, nach den Lagerungsverhältnissen zu urtheilen, kaum ein Zweifel zu sein, dass die gypsführenden Thone von Gerace, sowie die grosse Schwefelformation des inneren Sicilien demselben Horizonte angehören, und wir hätten demnach im südlichen Italien und in Sicilien eine Wiederholung unseres Schliers vor uns, mit allen jenen charakteristischen Eigenthümlichkeiten, welche diese Formation bei uns zeigt.

Es ist nun ebenfalls bereits vorher erwähnt worden, dass die Miocänablagerungen von Messina durch die Einlagerung dieses schlierartigen Tegels in zwei Abtheilungen, eine ältere und eine jüngere, getheilt werden.

Aus den Sanden und Mergeln über dem Tegel (Schlier) waren bereits früher an mehreren Stellen Versteinerungen gefunden worden, und zwar stimmten dieselben vollständig mit denjenigen von Pötzleinsdorf, Enzesfeld und Gainfahren überein und fand sich darunter nicht eine einzige jener Arten, welche bei uns die Horner Schichten charakterisiren.

In neuester Zeit ist es nun, nach langem, vergeblichen Suchen, dem unermüdlichen Fleisse des Professors Seguenza gelungen, auch in der Molasse unter dem Tegel eine petrefacten-

führende Schichte zu entdecken, und nach einer freundlichen Mittheilung, welche er mir hierüber zu machen die Güte hatte, scheinen die hier vorkommenden Fossilien durchaus mit solchen des Turiner Grünsandes übereinzustimmen.

Der Turiner Grünsand ist aber ein genaues Äquivalent unserer Schichten von Gauderndorf und Eggenburg! und wir hätten demnach hier genau dieselbe Schichtenfolge, welche nach Professor Suess für die marinen Ablagerungen des Wiener Beckens gilt, nämlich:

a) Horner Schichten (Turin).
b) Schlier.
c) Gainfahren-Enzesfelder Schichten.

Diese Übereinstimmung wäre wohl zu auffallend, um auf secundäre Ursachen zurückgeführt werden zu können und sollte sie sich bestätigen, so würde sie wohl sehr zu Gunsten der von Professor Suess zuerst aufgestellten Ansicht sprechen.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

LXVI. Band.

ERSTE ABTHEILUNG.

7.

Enthält die Abhandlungen aus dem Gebiete der Mineralogie, Botanik, Zoologie, Geologie und Paläontologie.

XVIII. SITZUNG VOM 4. JULI 1872.

Die Herren A. Winnecke in Carlsruhe und W. Tempel in Mailand danken mit Schreiben vom 25. und bezhgsw. 28. Juni l. J. für die ihnen zuerkannten und übersendeten Kometen-Preise.

Der Secretär legt folgende eingesendete Abhandlungen vor:

„Kritische Durchsicht der Ordnung der Flatterthiere oder Handflügler *(Chiroptera)*. Familie der Fledermäuse *(Vespertiliones)*." III. Abtheilung, vom Herrn Dr. L. J. Fitzinger in Pest.

„Über die Ursache des hohen Absonderungsdruckes in der *Glandula submaxillaris*", vom Herrn Prof. Dr. Ew. Hering in Prag.

„Zur Theorie der Bessel'schen Functionen zweiter Art", vom Herrn Prof. L. Gegenbauer in Krems.

„Über das Verhalten der Action des Herz-Ventrikels zur Pulswellenbildung in der Arterie", vom Herrn Dr. Eug. Kolisko.

Herr J. Schlesinger, Prof. an der k. k. Forst-Akademie zu Mariabrunn hinterlegt ein versiegeltes Schreiben mit der Aufschrift „Geodätisches" zur Wahrung seiner Priorität.

Herr Prof. Dr. H. Hlasiwetz legt folgende vier Mittheilungen aus dem chemischen Laboratorium der Universität Innsbruck vor:

14. „Über einige Derivate der Dioxybenzoësäure", von den Herren L. Barth und C. Senhofer;
15. „Über Toluoldisulfosäure und einige Abkömmlinge derselben", vom Herrn C. Senhofer;
16. „Über die Einwirkung von schmelzendem Kali auf Benzoësäure", vom Herrn L. Barth;
17. „Über Sulfoparaoxybenzoësäure", vom Herrn R. Kölle.

Herr Prof. Hlasiwetz übergibt ferner eine für den Anz
ger bestimmte vorläufige Mittheilung über eine Anzahl von Ve
bindungen, welche aus der Einwirkung von Schwefelkohlenst
und Ammoniak auf verschiedene Amide, Aldehyde und Alkoh
hervorgehen.

Der Secretär v. Schrötter macht eine Mittheilung üb
den von Stokes ausgehenden Vorschlag, die Arbeiter in d
Quecksilberwerken durch Schwefel vor der schädlichen Einw
kung der Quecksilberdämpfe zu schützen, und über seine hi
durch veranlassten eigenen Versuche.

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Annalen der Chemie & Pharmacie, von Wöhler, Liebig Kopp. N. R. Band LXXXVII, Heft 1. Leipzig & Heidelbe 1872; 8°.

Apotheker-Verein, allgem. österr.: Zeitschrift. 10. Jahrgan Nr. 18—19. Wien, 1872; 8°.

Astronomische Nachrichten. Nr. 1894 (Bd. 79. 22.). Alton 1872; 4°.

Beobachtungen, Meteorologische, angestellt in Dorpat i Jahre 1871. VI. Jahrgang. II. Bd, 1. Heft. Dorpat, 1872; 8

Carl, Ph.: Siehe Repertorium.

Comitato, R., Geologico d'Italia: Bollettino. Anno 1872, Nr. & 4. Firenze, 1872; 8°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tom LXXIV, Nrs. 24—25. Paris, 1872; 4°.

Des Moulins, Charles, Fragments zoologiques. Nr. I—II. Bo deaux, 1872; 8°.

Fritsch, Anton, Cephalopoden der böhmischen Kreideformatio (Veröffentlicht mit Subvention des Comités für die Lande durchforschung von Böhmen.) Prag, 1872; 4°.

Gelehrten-Gesellschaft, Serbische, zu Belgrad: Glasni Bd. XXXII & XXXIII. Belgrad, 1871 & 1872; 8°.

Gesellschaft, österr., für Meteorologie: Zeitschrift. VII. Ban Nr. 12. Wien, 1872; 4°.

— k. k. mähr.-schles., zur Beförderung des Ackerbaues, d Natur- & Landeskunde: Mittheilungen. 1871. LI. Jahrgan Brünn; 4°. — Notizen-Blatt der histor.-statist. Sectio 1871. Brünn; 4°.

Gesellschaft, Astronomische, in Leipzig: Vierteljahrsschrift. VII. Jahrgang, 2. Heft. Leipzig, 1872; 8°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXIII. Jahrg. Nr. 25—26. Wien, 1872; 4°.

Istituto, Reale, Lombardo di Scienze e Lettere: Memorie. Classe di Lettere e Scienze morali e politiche: Vol. XII (III. della serie III.), Fasc. 2. Milano, 1871; 4°; Classe di Scienze matematiche e naturali. Vol. XII (III. della serie III.) Fasc. 2—4. Milano, 1871 & 1872; 4°. — Rendiconti. Serie II. Vol. III., fasc. 16—20. (1870); Vol. IV., fasc. 1—20. (1871); Vol. V., fasc. 1—7. (1872.) Milano; 8°. — Atti della fondazione scientifica Cagnola. Vol. V., fasc. 2—3. 1870—1871. Milano; 8°.

Jahrbuch über die Fortschritte der Mathematik, von C. Ohrtmann, F. Müller, A. Wangerin. II. Band. Jahrgang 1869 & 1870, Heft 1. Berlin, 1872; 8°.

Journal für praktische Chemie, von H. Kolbe. N. F. Band V, 9. Heft. Leipzig, 1872; 8°.

Landbote, Der steirische. 5. Jahrgang, Nr. 13. Graz, 1872; 4°.

Mittheilungen aus J. Perthes' geographischer Anstalt. 18. Band, 1872, Heft VI. Gotha; 4°.

Moniteur scientifique. 3ᵉ Série. Tome II. 366ᵉ Livraison. Paris, 1872; 4°.

Museum-Verein, Siebenbürgischer: Jahrbücher. VI. Band, 1. Heft. Kronstadt, 1872; 4°.

Nature. Nrs. 138—139. Vol. VI. London, 1872; 4°.

Repertorium für Experimental-Physik etc., von Ph. Carl. VIII. Band, 1. Heft. München, 1872; 8°.

„Revue politique et littéraire" et „La Revue scientifique de la France et de l'étranger". Iʳᵉ Année (2ᵉ Serie). Nrs. 52—53. Paris & Bruxelles, 1872; 4°.

Société Impériale de Médecine de Constantinople: Gazette médicale d'Orient. XVIᵉ Année, Nrs. 1—2. Constantinople, 1872; 4°.

Society, The Royal Geographical, of London: Proceedings. Vol. XVI, Nr. 2. London, 1872; 8°.

Verein für Landeskunde von Niederösterreich: Blätter. N. F. V. Jahrgang, Nr. 1—12. Wien, 1871; 8°. — Topographie von Niederösterreich. Heft 1—3. Wien, 1871; 4°.

— für Naturkunde zu Cassel: XVI., XVII. & XVIII. Bericht. 1866—1871. Cassel, 1871; 8°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXII. Jahrgang, Nr. 24—25. Wien, 1872; 4°.

Zeitschrift für Chemie, von Beilstein, Fittig & Hübner. XIV. Jahrgang. N. F. VII. Band, 22. Heft. Leipzig, 1871; 8°.

Kritische Durchsicht der Ordnung der Flatterthiere oder Handflügler (Chiroptera).

Familie der Fledermäuse (Vespertiliones).

VIII. Abtheilung.

Von dem w. M. Dr. **Leop. Jos. Fitzinger.**

38. Gatt.: Löffelfledermaus (Plecotus).

Der Schwanz ist mittellang, lang oder sehr lang, vollständig von der Schenkelflughaut eingeschlossen oder nur mit der äussersten Spitze seines Endgliedes frei aus derselben hervorragend. Der Daumen ist frei. Die Ohren sind einander genähert, mit ihrem Aussenrande bis gegen den Mundwinkel verlängert, an der Wurzel ihres Innenrandes zusammenstossend oder über dem Scheitel mit einander verwachsen, und lang oder sehr lang, ebenso lang oder länger als der Kopf. Die Sporen sind von keinem Hautlappen umsäumt. Die Flügel reichen bis an die Zehenwurzel. Die Zehen der Hinterfüsse sind dreigliederig und von einander getrennt. Die Schnauze ist von einer Grube ausgehöhlt und die Nasenlöcher liegen auf der Oberseite derselben. In beiden Kiefern ist jederseits nur 1 Lückenzahn vorhanden, der jedoch bisweilen im Unterkiefer oder auch in beiden Kiefern bei alten Thieren ausfällt, Backenzähne befinden sich im Oberkiefer jederseits 4, im Unterkiefer 5. Die Vorderzähne des Oberkiefers sind auch im Alter bleibend und nur äusserst selten fallen die beiden mittleren derselben aus.

Zahnformel: Vorderzähne $\frac{4}{6}$ oder $\frac{1-1}{6}$, Eckzähne $\frac{1-1}{1-1}$, Lückenzähne $\frac{1-1}{1-1}$, $\frac{1-1}{0-0}$ oder $\frac{0-0}{0-0}$, Backenzähne $\frac{4-4}{5-5} = 36$, 34 oder 32.

1. **Die gemeine Löffelfledermaus** *(Plecotus auritus).*

P. homochroo parum minor, vertice in medio valde fornicato, rostro elongato lato plano, apice parum obtuso, supra fossa excavato, pilis parce obtecto; naribus parvis reniformibus oblongis superis; auriculis maximis longissimis ultra duplum capite longioribus, latis, tenuibus, obtuse-acuminatis, approximatis, basi in margine interiore supra verticem concretis, in margine exteriore versus oris angulum usque protractis et paullo pone eum in eademque altitudine finitis, in interiore supra basin lobo prosiliente rotundato instructis et interne plicis 22—24 transversalibus percursis, totis fere plane calvis et in margine interiore solum dense ciliatis; trago longo, dimidia auricula breviore, lanceolato, apicem versus parum angustato, in margine interiore minus, in exteriore magis curvato et in posteriore apicem versus paullo exciso; alis sat longis, tenuibus calvis, ad digitorum pedis basin usque attingentibus; patagio anali lato calvo, infra 10 seriebus transversalibus vasorum percurso; cauda longa, corpori vel longitudine aequali, vel eo paullo breviore et antibrachio distincte longiore, apice articuli ultimo parum prominente libera; corpore pilis longis mollibus dense vestito; notaeo pallide ex rufescente griseo-fusco, gastraeo pallidiore in flavescente-vel grisescente-album vergente, pilis corporis omnibus a basi ultra dimidium nigrescente-fuscis; colore in animalibus junioribus dilutiore.

Sourichauue. Nicteris en grec, Vespertilio en latin. Bellon. Hist. de la nat. des Oyseaux. p. 146, fig. p. 147.
Vespertilio. Aldrov. Ornith. T. I. p. 571. fig. p. 575.
Vespertilio. Mus. Worm. p. 308.
Fledermaus, Vespertilio, Chauve Souris. Frisch. Vögel Teutschl. t. 103.
Batt or Flutter-Mouse. Albin. Birds. V. III. p. 95.
Double eared Bat. Albin. Birds. V. III. t. 101.
Vespertilio caudatus, naso oreque simplici. Linné. Syst. Nat. Edit. II. p. 45.
" " Linné. Fauna Suec. Edit. I. p. 7. Nr. 18.
" " " " Linné. Syst. Nat. Edit. VI. p. 7. Nr. 2.

Long-eared Bat. Edwards. Birds. V. IV. p. 201. t. 201. f. 3.
Vespertilio minor vulgaris. Klein. Quadrup. p. 61.
Vespertilio. Jonst. Aves. p. 49. t. 20. fig. infer.
Vespertilio minor. Brisson. Règne anim. p. 226. Nr. 3.
Vespertilio auritus. Linné. Syst. Nat. Edit. X. T. I. p. 32. Nr. 6.
Chauve-souris. Dict. des anim. V. I. p. 509.
Oreillar. Daubent. Mém. de l'Acad. 1759. p. 379. t. 1. f. 2. (Kopf).
Chauve-souris à grandes oreilles, l'oreillar. Buffon. Hist. nat. des Quadrup. V. VIII. p. 118. t. 17. f. 1.
Gestaarte Vledermuis, met enkele Neus en Bek, de Ooren dubbeld en grooter dan de Kop. Houtt. Nat. hist. V. I. p. 410. t. 8. f. 5.
Vespertilio auritus. Linné. Fauna Suec. Edit. II. p. 2. Nr. 3.
Vespertilio caudatus, naso simplici; auriculis maximis inappendiculatis. Gronov. Zoophylac. Fasc. I. p. 6. Nr. 23.
Long-eared Bat. Pennant. Brit. Zool. p. 56.
Vespertilio auritus. Linné. Syst. Nat. Edit. XII. T. I. P. I. p. 47. Nr. 5.
Long-eared Bat. Pennant. Brit. Zool. Edit. II. p. 116. t. 103.
Orecchione. Alessandri. Anim. Quadrup. V. III. t. 110. f. 1.
Long-eared bat. Pennant. Synops. Quadrup. p. 371. Nr. 292.
Langohr. Müller. Natursyst. B. I. S. 154. t. 8. f. 5.
Vespertilio auritus. Schreber. Säugth. B. I. S. 163. Nr. 8. t. 50.
„ „ Müller. Zool. Dan. p. 4. Nr. 22.
„ „ Erxleb. Syst. regn. anim. P. I. p. 141. Nr. 1.
„ „ Zimmerm. Geogr. Gesch. d. Mensch. u. d. Thiere. B. II. S. 411. Nr. 361.
Long-eared Bat. Pennant. Hist. of Quadrup. V. II. p. 563. Nr. 12.
Vespertilio Auritus. Boddaert. Elench. anim. V. I. p. 69. Nr. 3.
Vespertilio auritus. Gmelin. Linné Syst. Nat. T. I. P. I. p. 47. Nr. 5.
Vespertilio. Grossinger. Hist. phys. regn. Hung. T. II. p. 455.
Vespertilio auritus. Cuv. Tabl. élém. d'hist. nat. p. 104. Nr. 2.
Long-eared Bat. Shaw. Specul. Linn. V. I. t. 7.
„ „ „ Shaw. Gen. Zool. V. I. P. I. p. 123. t. 40.
Vespertilio auritus. Bechst. Naturg. Deutschl. B. I. S. 1143.

Vespertilio auritus. Hermann. Observ. zool. T. I. p. 16.
„ „ Sartori. Fauna von Steyerm. S. 11.
„ „ Geoffr. Ann. du Mus. V. VIII. p. 197. Nr. 7. t. 47. (Kopf).
Plecotus auritus. Geoffr. Ann. du Mus. V. VIII. p. 197. Nr. 7. t. 47. (Kopf).
Vespertilio auritus Illiger. Prodrom. p. 119.
„ „ Kuhl. Wetterau. Ann. B. IV. S. 27.
„ „ Desmar. Nouv. Dict. d'hist. nat. V. XXXV. p. 478. Nr. 22.
Plecotus auritus. Desmar. Nouv. Dict. d'hist nat. V. XXXV. p. 478. Nr. 22.
Vespertilio auritus. Desmar. Mammal. p. 144. Nr. 123.
Plecotus auritus. Desmar. Mammal. p. 144. Nr. 123.
Encycl.-méth. t. 83. f. 1. A. B.
Plecotus communis. Lesson. Man. d. Mammal. p. 95. Nr. 232.
Plecotus auritus. Griffith. Anim. Kingd. V. V. p. 281. Nr. 1.
„ „ Jenyns. Linnean Transact. V. XVI. (1828). P. I. p. 54. Nr. 1. t. 1. f. 1.
Vespertilio auritus. Fisch. Synops. Mammal. p. 116, 553. Nr. 44.
Plecotus auritus. Fisch. Synops. Mammal. p. 116, 553. Nr. 44.
Vespertilio auritus. Wagler. Syst. d. Amphib. S. 13.
„ „ Jäger. Würtemb. Fauna. S. 13.
„ „ Nilss. Skandin. Fauna. Edit. I. S. 53.
Plecotus communis. Fitz. Fauna. Beitr. z. Landesk. Österr. B. I. S. 293.
Vespertilio auritus. Gloger. Säugeth. Schles. S. 5. Nr. 2.
„ „ Zawadzki. Galiz. Fauna. S. 15.
Plecotus auritus. Bonaparte. Iconograf. della Fauna ital. Fasc. XXI. c. fig.
Vespertilio auritus. Temminck. Monograph. d. Mammal. V. II. p. 181. t. 48. f. 4. (Kopf).
Plecotus auritus. Bell. Brit. Quadrup. p. 53.
Vespertilio auritus. Selys Longch. Faune belge. p. 22.
Plecotus communis. Gray. Magaz. of. Zool. and Bot. V. II. p. 495.
Plecotus auritus. Keys. Blas. Wiegm. Arch. B. V. (1839). Th. I. S. 306.

Plecotus auritus. Keys. Blas. Wirbelth. Europ. S. XVI, 55. Nr. 100.

Vespertilio auritus. Wagn. Schreber Säugth. Suppl. B. I. S. 488. Nr. 2.

Plecotus auritus. Wagn. Schreber Säugth. Suppl. B. I. S. 488. Nr. 2.

" " Freyer. Fauna Krain's. S. 2. Nr. 1.

Plecotus communis. Gray. Mammal. in the Brit. Mus. p. 25.

Vespertilio auritus. Blainv. Ostéograph. Chiropt.

Plecotus auritus. Eversm. Bullet. de la Soc. des Natural. d. Moscou. V. XVIII. (1845). p. 513.

" " Wagn. Schreber Säugth. Suppl. B. V. S. 716. Nr. 1.

" " Fitz. Naturg. d. Säugeth. B. I. S. 129. f. 29.

" *Auritus*. Kolenati. Allg. deutsche naturh. Zeit. B. II. (1856). Hft. 5. S. 183.

" ***auritus***. Blas. Fauna d. Wirbelth. Deutschl. B. I. S. 39. Nr. 1.

Vespertilio auritus. Giebel. Säugeth. S. 933.

Plecotus auritus. Giebel. Säugeth. S. 933.

" *Auritus*. Kolenati. Monograph. d. europ. Chiropt. S. 128. Nr. 25.

Dunklere Abänderung.

Vespertilio auritus. Var. Austriacus. Geoffr. Ann. du Mus. V. VIII. p. 197. Nr. 7. Var.

Plecotus auritus Var. Austriacus. Geoffr. Ann. du. Mus. V. VIII. p. 197. Nr. 7. Var.

Vespertilio auritus. Var. B. Austriacus. Desmar. Nouv. Dict. d'hist. nat. V. XXXV. p. 478. Nr. 22. B.

Plecotus auritus. Var. B. Austriacus. Desmar. Nouv. Dict. d'hist. nat. V. XXXV. p. 478. Nr. 22. B.

Vespertilio auritus. Var. B. Austriacus. Desmar. Mammal. p. 144. Nr. 123. B.

Plecotus auritus. Var. B. Austriacus. Desmar. Mammal. p. 144. Nr. 123. B.

Vespertilio auritus. Var. γ. Austriacus. Fisch. Synops. Mammal. p. 117. Nr. 44. γ.

Plecotus auritus. Var. γ. Austriacus. Fisch. Synops. Mammal. p. 117. Nr. 44. γ.

Plecotus communis. Var. β. Gray. Magaz. of. Zool. and. Bot. V. II. p. 495.

Unter allen Arten dieser von Geoffroy aufgestellten und mit dem Namen „*Plecotus*" bezeichneten Gattung die am längsten bekannte, indem uns schon im Jahre 1555 Bellon eine Beschreibung und eine Abbildung von derselben gab.

An Grösse steht sie der Nepal- *(Plecotus homochrous)* und georginischen Löffelfledermaus *(Plecotus Lecontii)* nur wenig nach, daher sie eine mittelgrosse Form in der Gattung und eine kleinere in der Familie bildet.

Der Scheitel ist in der Mitte stark gewölbt. Die Schnauze ist gestreckt, breit und flach, nur wenig stumpf, auf der Oberseite von einer Grube ausgehöhlt und dünn behaart. Die Nasenlöcher sind klein, von länglich-nierenförmiger Gestalt, an ihrem vorderen Rande etwas wulstig und liegen auf der Oberseite der Schnauze. An der Unterlippe befindet sich gegen das Kinn zu ein kahler Querwulst. Die Augen sind sehr klein und stehen nahe an der Wurzel der Ohren. Die Ohren sind sehr gross und sehr lang, mehr als doppelt so lang als der Kopf, breit, dünnhäutig, stumpfspitzig, nahe nebeneinander stehend und an der Wurzel ihres Innenrandes über dem Scheitel mit einander verwachsen. Mit ihrem Aussenrande sind dieselben bis gegen den Mundwinkel verlängert und endigen etwas hinter dem Mundwinkel und in gleicher Höhe mit demselben. An ihrem Innenrande sind sie oberhalb der Wurzel mit einem abgerundeten vorspringenden Lappen versehen und auf der Innenseite von 22—24 Querfalten durchzogen. Sie sind beinahe vollständig kahl und nur an ihrem Innenrande dicht gewimpert. Die Ohrklappe ist lang, doch kürzer als das halbe Ohr und auch nicht so lang als die Ohrbreite beträgt, von lanzettförmiger Gestalt, gegen die Spitze zu nur wenig verschmälert, am Innenrande schwächer, am Aussenrande stärker ausgebogen und an demselben gegen die Spitze zu etwas ausgeschnitten. Die Flügel sind ziemlich lang, dünnhäutig, kahl und reichen bis an die Zehenwurzel. Der Mittelhandknochen des dritten Fingers ist etwas kürzer als der des vierten und etwas länger als jener des fünften, das erste Glied des dritten Fingers

um $^1/_3$ länger als das des vierten und fünften Fingers, die sich an Länge gleich sind. Die Sohlen sind an der Ferse mit einer grossen, rundlichen, an der Zehenwurzel aber mit zwei etwas kleineren Schwielen besetzt und längs ihrer Mitte gerunzelt. Die Schenkelflughaut ist breit, kahl und auf der Unterseite von 10 Querreihen von Gefässwülstchen durchzogen. Der Schwanz ist lang, ebenso lang oder nur wenig kürzer als der Körper, merklich länger als der Vorderarm, weit kürzer als der fünfte Finger und etwas länger als das Ohr, und ragt mit der äussersten Spitze seines knorpeligen Endgliedes nur wenig frei aus der Schenkelflughaut hervor. Der Gaumen ist von 7 Querfalten durchzogen, von denen die erste ungetheilt, die 6 folgenden aber durchbrochen sind.

Die Körperbehaarung ist lang, dicht und weich.

Die Oberseite des Körpers ist blass röthlich-graubraun, die Unterseite blasser, in's Gelblich- oder Graulichweisse ziehend und sämmtliche Körperhaare sind von der Wurzel bis über ihre Mitte schwärzlich. Die Flughäute sind licht schwärzlichbraun. Junge Thiere sind lichter gefärbt.

Gesammtlänge	3″ 5‴ — 3″ 8‴.	Nach Kuhl.
Körperlänge	1″ 9‴.	
Länge des Schwanzes . . .	1″ 8″.	
„ des Kopfes	8‴.	
„ der Ohren	1″ 6‴.	
Breite der Ohren	9‴.	
Länge der Ohrklappe . . .	8‴.	
Breite der Ohrklappe . . .	3‴.	
Spannweite der Flügel . . .	10″ 5‴.	
Gesammtlänge	3″ 2‴.	Nach Keyserling u. Blasius.
Körperlänge	1″ 7‴.	
Länge des Schwanzes . . .	1″ 7‴.	
„ des Vorderarmes . .	1″ $4^1/_2$‴.	
„ des Kopfes	8‴.	
„ der Ohren	1″ 5‴.	
Spannweite der Flügel . . .	9″.	

In beiden Kiefern befindet sich jederseits 1 Lückenzahn: Backenzähne sind im Oberkiefer in jeder Kieferhälfte 4, im Unterkiefer 5 vorhanden.

Vaterland. Mittel- und der südliche Theil von Nord-Europa, wo diese Art bis zum 60. Grade Nord-Breite hinaufreicht, und der südwestliche Theil von Nord-Asien. In Europa ist sie von England, dem südlichen Norwegen und Schweden, durch Dänemark, Holland, Belgien, Frankreich, ganz Deutschland und die Schweiz, das nördliche und mittlere Italien und die ganze österreichisch-ungarische Monarchie, so wie auch durch Polen und das mittlere und südliche Russland verbreitet, während sie in Asien nur im mittleren und südlichen Theile von West-Sibirien angetroffen wird und sich ostwärts bis an den Ural, südwärts aber nur bis an den Kaukasus erstreckt.

2. **Die langohrige Löffelfledermaus** *(Plecotus cornutus).*

P. brevimani magnitudine; rostro breviusculo; auriculis perlongis, capite ultra triplum longioribus, sat acuminatis, basi interna supra verticem concretis; trago dimidia auricula breviore; alis longis; cauda mediocri, dimidio corpore nec non antibrachio distincte breviore; notaeo gastraeoque unicoloribus nigrescentibus.

Vespertilio cornutus. Faber. Isis. 1826. Hft. 5. S. 575.
" " Faber. Bullet. des Sc. nat. V. IX. p. 341. Nr. 298.
Plecotus cornutus. Lesson. Man. d. Mammal. p. 96. Nr. 234.
Vespertilio cornutus. Fisch. Synops. Mammal. p. 117, Nr. 45.
Plecotus cornutus. Fisch. Synops. Mammal. p. 117. Nr. 45.
Vespertilio otus. Boie. Isis. 1830. S. 256.
Vespertilio cornutus. Gloger. Säugeth. Schles. S. 5. Nr. 1. Anmerk.
Vespertilio otus. Gloger. Säugeth. Schles. S. 5. Nr. 1. Anmerk.
Vespertilio cornutus. Temminck. Monogr. d. Mammal. V. II. p. 182.
Plecotus cornutus. Gray. Magaz. of Zool. and Bot. V. II. p. 495.
Plecotus auritus. Keys. Blas. Wiegm. Arch. B. V. (1839). Th. I. S. 306.
" " Keys. Blas. Wirbelth. Europ. S. XVI, 55. Nr. 100.
Vespertilio auritus? Wagn. Schreber Säugth. Suppl. Bd. I. S. 488. Nr. 2. Note 1.

Plecotus auritus? Wagn. Schreber Säugth. Suppl. B. I. S. 488. Nr. 2. Note 1.

Plecotus auritus. Wagn. Schreber Säugth. Suppl. Bd. V. S. 716. Nr. 1.

„ *Auritus.* Kolenati. Allg. deutsche naturh. Zeit. B. II. (1856). Hft. 5. S. 183.

„ *auritus.* Blas. Fauna der Wirbelth. Deutschl. Bd. I. S. 39. Nr. 1.

Vespertilio auritus. Giebel. Säugeth. S. 933.

Plecotus auritus. Giebel. Säugeth. S. 933.

„ *Auritus.* Kolenati. Monogr. d. europ. Chiropt. S. 128. Nr. 25.

Unser ganzes Wissen von dieser auffallenden Form, welche — vorausgesetzt dass die uns von dem Entdecker mitgetheilte Beschreibung und die in derselben enthaltenen Körpermasse richtig sind — unzweifelbar eine selbstständige Art bildet, beruht nur auf einer Beschreibung von Faber und einer kurzen Notiz von Boie.

Ihre Körpergrösse ist dieselbe, wie die der kurzflügeligen Löffelfledermaus *(Plecotus brevimanus)*, daher sie nebst dieser, die kleinste Form in ihrer Gattung bildet.

Wie es scheint, ist sie zunächst mit der gemeinen Löffelfledermaus *(Plecotus auritus)* verwandt, von welcher sie sich jedoch den angegebenen Merkmalen zufolge, abgesehen von der geringeren Grösse und einer mehr gerundeten Körperform, durch die verhältnissmässig kürzere Schnauze, weit längere spitzere Ohren, eine längere und dickere Ohrklappe, den etwas längeren Vorderarm und längere Flügel, den viel kürzeren Schwanz, so wie auch durch eine längere Behaarung und durchaus verschiedene Färbung des Körpers unterscheidet.

Die Schnauze ist ziemlich kurz. Die Ohren sind sehr gross, überaus lang, mehr als dreimal so lang als der Kopf, dünnhäutig, ziemlich spitz und an der Wurzel ihres Innenrandes über dem Scheitel mit einander verwachsen. Die Ohrklappe ist lang, doch kürzer als das halbe Ohr und von lanzettförmiger Gestalt. Die Flügel sind lang, dünnhäutig und reichen bis an die Zehenwurzel. Der Schwanz ist mittellang, merklich kürzer als der halbe Körper und auch als der halbe Vorderarm.

Die Körperbehaarung ist lang.

Die Färbung der Ober- sowohl als Unterseite des Körpers ist einfärbig schwärzlich.

Gesammtlänge	2″ 1‴.	Nach Faber.
Körperlänge	1″ 6‴.	
Länge des Schwanzes	7‴.	
„ des Vorderarmes	1″ 4‴.	
„ des Kopfes	6‴.	
„ der Ohren	1″ 7‴.	
„ der Ohrklappe	8‴.	
„ des Daumens sammt der Kralle	4‴.	
Spannweite der Flügel	9″ 6‴.	

Die Zahl der Lücken- und Backenzähne ist nicht angegeben.

Vaterland. Der südwestliche Theil von Nord-Europa, von wo diese Form bis jetzt blos aus Dänemark bekannt ist und daselbst auf der Halbinsel Jütland angetroffen wird.

Lesson, Fischer, Gloger, Temminck und Gray hielten sie für eine selbstständige Art und ebenso auch Boie, der sie mit dem Namen „*Vespertilio otus*“ bezeichnete. Keyserling und Blasius hingegen, wie auch alle ihre Nachfolger wollten in ihr nur die gemeine Löffelfledermaus (*Plecotus auritus*) erkennen, obgleich sich Wagner Anfangs nur mit einigem Zweifel dieser Ansicht angeschlossen hatte.

3. Die kurzflügelige Löffelfledermaus (*Plecotus brevimanus*).

P. Plecoto Bonapartii distincte minor et cornuti magnitudine; auriculis longissimis, capite non duplo longioribus, latis, obtuse-acuminatis, basi interna supra verticem concretis; trago longo, dimidia auricula paullo breviore; alis brevibus; cauda longa, corpore paullo breviore et antibrachio longitudine aequali, apice articulo ultimo sat prominente libera; notaeo rufescente-fusco. gastraeo albido.

Plecotus brevimanus. Jenyns. Linnean Transact. V. XVI. (1828). P. I. p. 55. t. 1. f. 2. (Foem).

Vespertilio brevimanus. Fisch. Synops. Mammal. p. 118, 553. Nr. 47.

Plecotus brevimanus. Fisch. Synops. Mammal. p. 118, 553. Nr. 47.

" " Bonaparte. Iconograf. della Fauna ital. Fasc. XXI.

Vespertilio auritus. Jun. Temminck. Monograph. d. Mammal. V. II. p. 181.

Plecotus brevimanus. Bell. Brit. Quadrup. p. 58.

Plecotus auritus. Jun. Keys. Blas. Wiegm. Arch. B. V. (1839). Th. I. S. 307.

" " Keys. Blas. Wirbelth. Europ. S. XVI, 55. Nr. 100.

Vespertilio auritus. Jun.? Wagn. Schreber Säugth. Suppl. B. I. S. 488. Nr. 3.

Plecotus auritus. Jun.? Wagner. Schreber Säugth. Suppl. B. I. S. 488. Nr. 3.

Plecotus communis. Gray. Mammal. of the Brit. Mus. p. 25.

Plecotus auritus. Wagn. Schreber Säugth. Suppl. B. V. S. 716. Nr. 1.

" *Auritus.* Kolenati. Allg. deutsche naturhist. Zeit. B. II. (1856). Hft. 5. S. 183.

" *auritus.* Blas. Fauna d. Wirbelth. Deutschl. B. I. S. 39. Nr. 1.

" *Auritus.* Kolenati. Monogr. d. europ. Chiropt. S. 128. Nr. 25.

Höchst wahrscheinlich eine selbstständige Art, welche von Jenyns entdeckt und auch zuerst beschrieben und abgebildet, von den allermeisten Zoologen aber mit anderen Arten dieser Gattung verwechselt wurde, sich von diesen jedoch durch die Verhältnisse ihrer einzelnen Körpertheile wesentlich zu unterscheiden scheint.

Sie ist merklich kleiner als die südeuropäische Löffelfledermaus *(Plecotus Bonapartii)*, mit der langohrigen *(Plecotus cornutus)* von gleicher Grösse und nebst derselben die kleinste Art der Gattung.

Die Ohren sind sehr gross und sehr lang, doch nicht doppelt so lang als der Kopf, breit, dünnhäutig, stumpfspitzig und an der Wurzel ihres Innenrandes über dem Scheitel mit einander

verwachsen. Die Ohrklappe ist lang, etwas kürzer als das halbe Ohr und nur sehr wenig länger als die Breite des Ohres beträgt, von lanzettförmiger Gestalt und gegen die Spitze zu etwas verschmälert. Die Flügel sind kurz, dünnhäutig und reichen bis an die Zehenwurzel. Der Schwanz ist lang, etwas kürzer als der Körper, von derselben Länge wie der Vorderarm, merklich länger als das Ohr und ragt mit der äussersten Spitze seines Endgliedes ziemlich weit frei aus der Schenkelflughaut hervor.

Die Oberseite des Körpers ist röthlichbraun, die Unterseite weisslich.

Gesammtlänge	2″ 8‴.	Nach Jenyns
Körperlänge	1″ 6‴.	
Länge des Schwanzes	1″ 2‴.	
„ des Vorderarmes	1″ 2‴.	
„ des Oberarmes	7½‴.	
„ des Kopfes	7‴.	
„ der Ohren	1″.	
Breite der Ohren	5‴.	
Länge der Ohrklappe	5½‴.	
Breite der Ohrklappe	2‴.	
Länge des Schenkels	5½‴.	
„ des Schienbeines	5½‴.	
„ des Mittelfingers	1″ 8‴.	
„ des Daumens	3‴.	
„ der freien Spitze des Schwanzes	1‴.	
Spannweite der Flügel	6″ 6‴.	

Über die Zahl der Lücken- und Backenzähne liegt keine Angabe vor.

Vaterland. Nordwest-Europa, von wo diese Form bis jetzt blos aus England bekannt ist.

Fischer und Bell betrachteten dieselbe für eine besondere Art, Temminck für den Jugendzustand der gemeinen Löffelfledermaus *(Plecotus auritus)*, welcher Ansicht sich auch Keyserling, Blasius und Wagner, letzterer jedoch Anfangs mit einigem Zweifel, anschlossen. Alle späteren Zoologen vereinigten sie gleichfalls mit dieser Art und nur Prinz Bonaparte hielt sie mit der von ihm zuerst beschriebenen südeuropäischen

Löffelfledermaus *(Plecotus Bonapartii)*, wenngleich irrigerweise für identisch.

4. Die südeuropäische Löffelfledermaus *(Plecotus Bonapartii)*.

P. aurito plerumque minor et aegyptiaci fere magnitudine; auriculis longissimis, capite non duplo longioribus, latis, apice obtuse-acuminatis, basi interna supra verticem concretis, trago longissimo, dimidia auricula longiore; alis sat longis; cauda longa, corpore parum breviore et antibrachio paullo longiore, apice articuli ultimi sat prominente libera; notaeo cinereo-rufescente, gastraeo albido, pilis corporis omnibus basi obscure fuscescentibus; patagio rufescente.

Plecotus brevimanus. **Bonaparte. Iconograf. della Fauna ital. Fasc. XXI. c. fig.**
Vespertilio auritus. Jun. **Temminck. Monograph. de Mammal. V. II. p. 181.**
Plecotus Bonapartii. **Gray. Magaz. of Zool. and Bot. V. II. p. 495.**
Plecotus brevimanus. **Keys. Blas. Wiegm. Arch. B. V. (1039). Th. I. S. 307.**
„ „ Keys. Blas. Wirbelth. Europ. S. XVI, 55. Nr. 100.
Vespertilio brevimanus. **Wagn. Schreber Säugth. Suppl. B. I. S. 488. Nr. 3.**
Plecotus brevimanus. **Wagn. Schreber Säugth. Suppl. B. I. S. 488. Nr. 3.**
„ „ Wagn. Schreber Säugth. Suppl. B. V. S. 716. Nr. 1.*
Plecotus Auritus. Var. **Kolenati. Allg. deutsche naturh. Zeit. B. II. (1856). Hft. 5. S. 183.**
„ *auritus.* Blas. Fauna d. Wirbelth. Deutschl. B. I. S. 41.
Vespertilio auritus. Jun.? **Giebel. Säugeth. S. 933. Note 3.**
Plecotus auritus. Jun.? **Giebel. Säugeth. S. 933. Note 3.**
„ *Auritus. Var.* **Kolenati. Monograph. d. europ. Chiropt. S. 128. Nr. 25.**

Prinz Bonaparte hat diese Art, welche er irrigerweise mit der von Jenyns beschriebenen kurzflügeligen Löffelfleder-

maus *(Plecotus brevimanus)* für identisch hielt, auch unter diesem Namen zuerst beschrieben und abgebildet.

Temmink, welcher gleichfalls diese beiden Formen als zusammengehörig betrachtete, hielt sie nur für den jüngeren Zustand der gemeinen Löffelfledermaus *(Plecotus auritus)*, und Gray, welcher nur rücksichtlich der von Jenyns beschriebenen Form die Ansicht Temminck's theilte, schlug für die von Prinz Bonaparte beschriebene den Namen *„Plecotus Bonapartii"* vor, während Keyserling und Blasius, von derselben Ansicht geleitet, für diese Form den eben nicht sehr glücklich gewählten Namen *„Plecotus brevimanus"* in Anwendung gebracht wissen wollten, und ebenso auch Wagner. Blasius zog später beide Formen mit der gemeinen Löffelfledermaus *(Plecotus auritus)* zusammen und Giebel betrachtet die von Prinz Bonaparte beschriebene Form, wenn auch mit einigem Zweifel, für den Jugendzustand derselben, Kolenati für eine besondere Varietät.

Sie ist fast von derselben Grösse wie die ägyptische Löffelfledermaus *(Plecotus aegyptiacus)*, merklich grösser als die kurzflügelige *(Plecotus brevimanus)* und meistens kleiner als die gemeine Löffelfledermaus *(Plecotus auritus)*, daher eine der kleineren Formen in der Gattung und Familie.

Die Ohren sind sehr gross und sehr lang, doch nicht doppelt so lang als der Kopf, breit, dünnhäutig, stumpfspitzig und an der Wurzel ihres Innenrandes über dem Scheitel mit einander verwachsen. Die Ohrklappe ist sehr lang, länger als das halbe Ohr und auch länger als die Ohrbreite beträgt. Die Flügel sind ziemlich lang, dünnhäutig und reichen bis an die Zehenwurzel. Der Schwanz ist lang, nur wenig kürzer als der Körper und als der fünfte Finger, etwas länger als der Vorderarm und beträchtlich länger als das Ohr und ragt mit der äussersten Spitze seines Endgliedes ziemlich weit frei aus der Schenkelflughaut hervor.

Die Oberseite des Körpers ist grauröthlich, die Unterseite weisslich und sämmtliche Körperhaare sind an ihrem Grunde dunkel bräunlich. Die Flughäute sind röthlich.

Gesammtlänge . . . . 3″ $2^{1}/_{2}$‴. Nach Prinz Bonaparte.
Körperlänge . . . . . 1″ 8‴.

Länge des Schwanzes .	1″ 6½‴.
„ des Vorderarmes	1″ 4½‴.
„ des Kopfes . . .	8‴.
„ der Ohren . . .	1″ 1‴.
Spannweite der Flügel .	9″ 9‴.

In beiden Kiefern ist jederseits 1 Lückenzahn vorhanden Backenzähne befinden sich im Oberkiefer in jeder Kieferhälfte 4, im Unterkiefer 5.

Vaterland. Südost- und der mittlere Theil von Süd-Europa, wo diese Art einerseits von Neapel bis nach Sicilien reicht, andererseits von Croatien, Slavonien und Dalmatien über Bosnien, Serbien, die Walachei, Moldau und Türkei südwärts sich bis nach Griechenland erstreckt und der südwestliche Theil von Nord-Asien, wo ihr Verbreitungsbezirk jedoch blos auf den Kaukasus und Georgien beschränkt zu sein scheint.

5. Die weissbauchige Löffelfledermaus (*Plecotus Peronii*).

P. Bonapartii magnitudine; auriculis magnis longissimis, ast capite non duplo longioribus, trago dimidio auriculae distincte longiore; cauda longa, corpore paullo breviore; notaeo dilutissime rufescente-griseo, gastraeo fere albo.

Plecotus Peronii. Isid. Geoffr. Guérin Magaz. d. Zool. 1832. t. 3. f. 1.

„ „ Gray. Magaz. of. Zool. and Bot. V. II. p. 495.

Vespertilio brevimanus? Wagn. Schreber Säugth. Suppl. B. I. S. 489. Nr. 3. Note 2. — S. 520, Note 17.

Plecotus brevimanus? Wagn. Schreber Säugth. Suppl. B. I. S. 489. Nr. 3. Note 2. — S. 520. Note 17.

Plecotus Peronii. Wagn. Schreber Säugth. Suppl. B. V. S. 716. Nr. 1**.

Plecotus brevimanus? Wagn. Schreber Säugth. Suppl. B. V. S. 716. Nr. 1**.

Plecotus Auritus. Kolenat. Allg. deutsche naturh. Zeit. B. II. (1856). Heft 5. S. 183.

Vespertilio Peroni. Giebel. Säugeth. S. 933. Nr. 3.

Plecotus Peroni. Giebel. Säugeth. S. 933. Note 3.
Plecotus Auritus. Kolenati. Monograph. d. europ. Chiropt. S. 128. Nr. 25.

Man kennt diese Form, welche Péron und Lesueur von ihrer Reise brachten, ohne jedoch ihre Heimath angegeben zu haben, bis jetzt blos aus einer sehr kurzen und völlig ungenügenden Notiz, und einer derselben beigegebenen Abbildung von Isidor Geoffroy, der sie für eine selbstständige Art betrachtete.

In ihrer Grösse, so wie auch in der Körperform im Allgemeinen, scheint sie mit der südeuropäischen Löffelfledermaus *(Plecotus Bonapartii)* übereinzukommen und derselben überhaupt sehr nahe verwandt zu sein, da nach den uns seither bekannt gewordenen Merkmalen nur die hellere Färbung es ist, welche sie von dieser Art unterscheiden.

Die Ohren sind gross und sehr lang, doch nicht doppelt so lang als der Kopf, und die Ohrklappe ist merklich länger als das halbe Ohr. Der Schwanz ist lang, aber etwas kürzer als der Körper.

Die Färbung ist auf der Oberseite des Körpers sehr licht röthlichgrau, auf der Unterseite aber beinahe weiss.

Körpermaasse sind nicht angegeben und auch über die Zahl der Lücken- und Backenzähne liegt keine Angabe vor.

Vaterland. Unbekannt, höchst wahrscheinlich aber Südost-Europa und namentlich Griechenland, von wo auch einige Reptilien-Arten stammen, die sich unter der Ausbeute der genannten beiden Naturforscher befanden.

Das naturhistorische Museum zu Paris ist im Besitze von zwei Exemplaren dieser Form.

Wagner ist geneigt, dieselbe mit der südeuropäischen Löffelfledermaus *(Plecotus Bonapartii)* für identisch zu betrachten, eine Ansicht, welche allerdings grosse Wahrscheinlichkeit für sich hat und der auch ich mich gerne anschliessen würde, wenn das Vaterland mit Sicherheit bekannt und die uns vorliegende Beschreibung eine vollständigere wäre.

Giebel spricht sich nicht mit Bestimmtheit über ihre Artberechtigung aus, während Kolenati sie unbedingt mit unserer gemeinen Löffelfledermaus *(Plecotus auritus)* vereinigt.

6. Die ägyptische Löffelfledermaus *(Plecotus aegyptiacus)*.

P. Bonapartii magnitudine atque forma, ast colore ab eo diversus; notaeo ex cinerascente rufo-fusco, gastraeo albido, pilis corporis omnibus basi obscure fuscis.

Vespertilio auritus. Var. Aegyptius. Geoffr. Descript. de l'Egypte. V. III. p. 118. t. 2. f. 3.

„ „ Geoffr. Ann. du Mus. V. VIII. p. 197. Nr. 7. Var.

Plecotus auritus. Var. Aegyptius. Geoffr. Ann. du. Mus. V. VIII. p. 197. Nr. 7. Var.

Vespertilio auritus. Var. A. Aegyptius. Desmar. Nouv. Dict. d'hist. nat. V. XXXV. p. 478. Nr. 22. A.

Plecotus auritus Var. A. Aegyptius. Desmar. Nouv. Dict. d'hist. nat. V. XXXV. p. 478. Nr. 22. A.

Vespertilio auritus Var. A. Aegyptius. Desmar. Mammal. p. 144. Nr. 123. A.

Plecotus auritus. Var. A. Aegyptius. Desmar. Mammal. p. 144. Nr. 123. A.

Vespertilio auritus Var. β. Aegyptius. Fisch. Synops. Mammal. p. 117. Nr. 44. β.

Plecotus auritus Var. β. Aegyptius. Fisch. Synops. Mammal. p. 117. Nr. 44. β.

Plecotus aegyptiacus. Isid. Geoffr. Guérin Magas. d. Zool. 1832.

Vespertilio auritus Var. Aegyptius. Rüppell. Neue Wirbelth.

Plecotus communis. Var. α Egyptiacus. Gray. Magaz. of Zool. and Bot. V. II. p. 495.

Vespertilio brevimanus? Wagn. Schreber Säugth. Suppl. B. I. S. 488. Nr. 3. Note 2.

Plecotus brevimanus? Wagn. Schreber Säugth. Suppl. B. I. S. 488. Nr. 3. Note 2.

Vespertilio auritus. Temminck. Monograph. d. Mammal. V. II. p. 181.

Vespertilio auritus. Var. Rüppell. Mus. Senckenberg. B. III. S. 133.

Plecotus Peronii? Wagn. Schreber Säugth. Suppl. B. V. S. 716. Nr. 1**.

Plecotus brevimanus? Wagn. Schreber Säugth. B. V. S. 716. Nr. 1**.
Plecotus auritus. Fitz. Naturg. d. Säugeth. B. I. S. 129.
Plecotus Auritus. Var. Kolenati. Allgem. deutsche naturh. Zeit. B. II. (1856). Heft 5. S. 183.
Plecotus auritus. Blas. Fauna d. Wirbelth. Deutschl. B. I. S. 41.
Vespertilio auritus. Giebel. Säugeth. S. 933.
Plecotus auritus. Giebel. Säugeth. S. 993.
Plecotus Auritus. Var. Kolenati. Monograph. d. europ. Chiropt. S. 128. Nr. 25.
Plecotus aegyptiacus. Fitz. Heugl. Säugeth. Nordost-Afr. S. 9. Nr. 9. (Sitzungsber. d. math. naturw. Cl. d. kais. Akad. d. Wiss. B. LIV).

Geoffroy gebührt das Verdienst, uns mit dieser, von den Zoologen vielfach mit der gemeinen Löffelfledermaus *(Plecotus auritus)* verwechselten und von ihm selbst nur für eine Abänderung derselben betrachteten Form zuerst bekannt gemacht zu haben, indem er uns eine Beschreibung und Abbildung von ihr mittheilte, und Isidor Geoffroy ist der einzige unter den Zoologen, welcher ihre Artberechtigung zu beweisen suchte.

Ihre Körpergrösse ist beinahe dieselbe, wie die der südeuropäischen Löffelfledermaus *(Plecotus Bonapartii)*, da sie merklich grösser als die kurzflügelige *(Plecotus brevimanus)* und fast immer kleiner als die gemeine Löffelfledermaus *(Plecotus auritus)* ist, wornach sie zu den kleineren Formen in ihrer Gattung und auch in der Familie gehört.

In ihren körperlichen Merkmalen kommt sie beinahe vollständig mit der südeuropäischen Löffelfledermaus *(Plecotus Bonapartii)* überein, mit der sie auch die etwas weiter aus der Schenkelflughaut frei hervorragende Schwanzspitze gemein hat, und scheint sich von derselben fast nur durch die etwas verschiedene und mehr in's Rothe sich ziehende Färbung zu unterscheiden.

Die Oberseite des Körpers ist graulich-rothbraun, die Unterseite desselben weisslich, wobei sämmtliche Körperhaare an der Wurzel dunkelbraun gefärbt erscheinen.

Körpermaasse sind nicht angegeben und die Zahl und Vertheilung der Lücken- und Backenzähne in den Kiefern ist die-

selbe wie bei der südeuropäischen Löffelfledermaus *(Plecotus Bonapartii)*, von welcher diese Form sowohl, als auch die weissbauchige Löffelfledermaus *(Plecotus Peronii)* vielleicht nur eine Farbenabänderung bildet.

Vaterland: Nordost-Afrika, Aegypten, Abyssinien und Schoa.

Wagner spricht die Vermuthung aus, dass sie mit der südeuropäischen Löffelfledermaus *(Plecotus Bonapartii)*, zu welcher er auch die weissbauchige *(Plecotus Peronii)* zu ziehen geneigt ist, der Art nach zusammenfallen dürfte. Heuglin und ich schlossen uns der Ansicht Isidor Geoffroy's an und betrachteten sie für eine selbstständige Art.

7. **Die gesprenkelte Löffelfledermaus** *(Plecotus Christii)*.

P. aegyptiaco similis; trago dimidii auriculae magnitudine; patagio anali infra vasis per 11—12 series transversales dispositis percurso, calcaribus longissimis suffulto; notaeo dilute fusco-albescente, pilis singulis albescentibus apice obscurioribus fuscis, gastraeo albo.

Plecotus Christii. Gray. Magaz. of. Zool. and Bot. V. II. p. 495.
" " Gray. Mammal. of the Brit. Mus. p. 25.
Synotus leucomelas? Wagn. Schreber Säugth. Suppl. B. V. S. 719. Nr. 2.
Plecotus aegyptiacus. Fitz. Heugl. Säugeth. Nordost-Afr. S. 9. Nr. 9. (Sitzungsber. d. math.-naturw. Cl. d. kais. Akad. d. Wiss. B. LIV.)

Turnbull Christie hat diese Form entdeckt und Gray dieselbe kurz beschrieben, leider uns aber über so manche Merkmale derselben und selbst über ihre Körpergrösse in völliger Unkenntniss gelassen.

Nachdem er jedoch geneigt ist, die zweifärbige Haftfledermaus *(Synotus leucomelas)* mit ihr für identisch zu betrachten, so dürfte sie wohl mit derselben und daher auch mit der südeuropäischen Löffelfledermaus *(Plecotus Bonapartii)* nahezu von gleicher Grösse sein, wornach sie zu den kleineren Formen in der Gattung und Familie gehören würde.

Die Merkmale, durch welche sich dieselbe auszeichnet, werden von Gray in folgender Weise angegeben:

Die Ohrlappe ist halb so lang als das Ohr. Die Schenkelflughaut ist auf der Unterseite von 11—12 Querreihen von Gefässen durchzogen. Die Sporen sind sehr lang.

Die Oberseite des Körpers ist blass braunweisslich, wobei die einzelnen Körperhaare weisslich und an der Spitze dunkler braun sind. Die Unterseite ist weiss.

Körpermaasse sind nicht angegeben und ebenso mangelt es auch an einer Angabe über die Zahl der Lücken- und Backenzähne.

Vaterland: Nordost-Afrika, Aegypten.

Das britische Museum zu London ist im Besitze zweier Exemplare dieser Art.

Gray ist im Zweifel, ob nicht etwa die von Rüppell entdeckte und von Cretzschmar beschriebene zweifärbige Haftfledermaus *(Synotus leucomelas)* dieselbe Form sei, und Wagner schliesst sich dieser Ansicht an, obwohl schon aus der Stellung, welche Gray seiner Art zuweist, deutlich hervorgeht, dass diese beiden Arten verschiedenen Gattungen angehören.

Meiner und Heuglin's Ansicht zufolge dürfte sie wohl mit der ägyptischen Löffelfledermaus *(Plecotus aegyptiacus)* der Art nach zusammenfallen. Da diess aber noch keineswegs gewiss ist, so führe ich sie einstweilen als eine besondere Form hier an.

8. **Die Nepal-Löffelfledermaus** *(Plecotus homochrous).*

P. aurito parum major; auriculis longissimis, capite duplo et dimidio longioribus, membranaceis plane calvis; cauda longa, corpore parum breviore et antibrachio eximie longiore; corpore pilis brevibus vestito, imprimis in superiore parte; notaeo unicolore obscure fusco, gastraeo saturate flavescente-fusco.

Plecotus homochrous. Hodgs. Journ. of the Asiat. Soc. of Bengal. V. XVI. (1847). P. II. p. 894.
„ „ Blyth. Journ. of the Asiat. Soc. of Bengal. V. XXI. (1853). p. 360.
„ „ Wagn. Schreber Säugth. Suppl. B. V. S. 717. Nr. 2.

Eine seither nur unvollständig bekannt gewordene, aber ohne Zweifel selbstständige Art, welche bis jetzt blos von Hodgson und Blyth beschrieben wurde.

Sie gehört zu den grösseren unter den kleineren Formen dieser Familie und zu den mittelgrossen ihrer Gattung, indem sie merklich kleiner als die graue *(Plecotus megalotis)* und Columbia-Löffelfledermaus *(Plecotus Townsendii)* und nur wenig grösser als die georginische *(Plecotus Lecontii)* und unsere europäische gemeine Löffelfledermaus *(Plecotus auritus)* ist.

Von der letztgenannten Art, mit welcher sie nahe verwandt ist, unterscheidet sie sich durch den verhältnissmässig kürzeren Kopf und Vorderarm, die kürzere Behaarung des Körpers und die Färbung.

Die Ohren sind von derselben Gestalt wie bei der gemeinen Löffelfledermaus *(Plecotus auritus)*, sehr lang, zwei ein halbmal so lang als der Kopf, dünnhäutig und vollständig kahl. Der Schwanz ist lang, nur wenig kürzer als der Körper und beträchtlich länger als der Vorderarm.

Die Körperbehaarung ist kurz, insbesondere auf der Oberseite.

Die Färbung ist auf der Oberseite des Körpers einfärbig dunkelbraun, auf der Unterseite dunkel gelblichbraun, da die am ganzen Körper an der Wurzel schwarzen Haare auf der Oberseite in dunkelbraune, auf der Unterseite in dunkel gelblichbraune Spitzen endigen.

Körperlänge	1" 10½'''.	Nach Hodgson.
Länge des Schwanzes . . .	1" 9'''.	
„ des Vorderarmes . .	1" 5¼'''	
„ der Ohren	1" 6'''.	

Lückenzähne fehlen in beiden Kiefern gänzlich; Backenzähne sind im Oberkiefer 4, im Unterkiefer 5 vorhanden.

Vaterland. Süd-Asien, Nepal, wo Hodgson diese Art entdeckte, von der er jedoch nur ein einziges Exemplar erhielt, nach welchem er seine Beschreibung entwarf.

9. Die timorische Löffelfledermaus *(Plecotus timoriensis)*.

P. velati circa magnitudine; auriculis magnis longisque amplis, capiti longitudine aequalibus, ad basin internam fascia cutanea angusta connatis; trago semicordato; pollice antipedum valde debili; cauda longa, corpore paullo breviore; notaeo nigrescente-fusco, gastraeo fusco-griseo.

Vespertilio timoriensis, Geoffr. Ann. du Mus. V. VIII. p. 200. Nr. 10. t. 47.
Plecotus timoriensis. Geoffr. Ann. du Mus. V. VIII. p. 200. Nr. 10. t. 47.
Vespertilio Timoriensis. Desmar. Nouv. Dict. d'hist. nat. V. XXXV. p. 481. Nr. 25.
Plecotus Timoriensis. Desmar. Nouv. Dict. d'hist. nat. V. XXXV. p. 481. Nr. 25.
Vespertilio Timoriensis. Desmar. Mammal. p. 146. Nr. 226.
Plecotus Timoriensis. Desmar. Mammal. p. 146. Nr. 226.
„ „ Lesson. Man. de Mammal. p. 97. Nr. 238.
Plecotus Timoriensis. Griffith. Anim. Kingd. V. V. p. 284. Nr. 4.
Vespertilio Timoriensis. Fisch. Synops. Mammal. p. 118, 554. Nr. 49.
Plecotus Timoriensis. Fisch. Synops. Mammal. p. 118, 554. Nr. 49.
„ „ Isid. Geoffr. Guérin Magas. de Zool. 1832.
Vespertilio Timoriensis. Temminck. Monograph. d. Mammal. V. II. p. 253. t. 57. f. 10. (Kopf).
Plecotus timoriensis. Keys. Blas. Wiegm. Arch. B. VI. (1840). Th. I. S. 2.
Vespertilio timoriensis. Wagn. Schreber Säugth. Suppl. B. I. S. 489. Note 2. — S. 520. Nr. 49.
Plecotus timoriensis. Wagn. Schreber Säugth. Suppl. B. I. S. 489. Note 2. — S. 520. Nr. 49.
„ „ Wagn. Schreber Säugth. Suppl. B. V. S. 717. Nr. 3.
Vespertilio timoriensis. Giebel. Säugeth. S. 933.
Plecotus timoriensis. Giebel. Säugeth. 933.

Péron und Lesueur sind die Entdecker dieser ausgezeichneten Art, welche seither nur von Geoffroy beschrieben und durch eine Abbildung erläutert wurde, und zu welcher Isidor Geoffroy einige Ergänzungen nachgetragen hat.

Sie zählt zu den mittelgrossen Formen in der Familie und zu den grössten ihrer Gattung, da sie mit der peruvianischen *(Ple-*

cotus peruvianus) und Schleier-Löffelfledermaus *(Plecotus velatus)* ungefähr von gleicher Grösse ist.

Die Ohren sind gross und lang, von derselben Länge wie der Kopf, weit geöffnet und breit, und an der Wurzel ihres Innenrandes durch ein schmales Hautband mit einander vereinigt. Die Ohrklappe ist halbherzförmig. Der Daumen der vorderen Gliedmassen ist sehr schwach. Der Schwanz ist lang und etwas kürzer als der Körper.

Die Körperbehaarung ist ziemlich lang und weich.

Die Färbung ist auf der Oberseite des Körpers schwärzlichbraun, auf der Unterseite braungrau.

Körperlänge . . . . 2" 7'''. Nach Geoffroy.
Länge des Schwanzes . . . . . 1" 5'''.
Spannweite der Flügel . . . 10".

Über die Zahl der Lücken- und Backenzähne und deren Vertheilung in den Kiefern liegt keine Angabe vor.

Vaterland. Südost-Asien, Timor.

Das naturhistorische Museum zu Paris befindet sich im Besitze eines Exemplares dieser Art.

10. Die graue Löffelfledermaus *(Plecotus megalotis)*.

P. Townsendii fere magnitudine; auriculis maximis longis; trago longo auriculae fere longitudine; cauda longissima, corpore paullo longiore; notaeo saturate griseo, gastraeo pallide griseo.

Vespertilio megalotis. Rafin. Monthly Magaz.
" " Desmar. Nouv. Dict. d'hist. nat. V. XXXV. p. 466.
Plecotus megalotis. Desmar. Nouv. Dict. d'hist. nat. V. XXXV. p. 466.
Vespertilio megalotis. Desmar. Mammal. p. 133. Note 6.
Plecotus megalotis. Desmar. Mammal. p. 133. Note 6.
Plecotus Rafinesquii. Lesson. Man. d. Mammal. p. 96. Nr. 233.
Vespertilio megalotis. Fisch. Synops. Mammal. p. 118. Nr. 50. *
Plecotus megalotis. Fisch. Synops. Mammal. p. 118. Nr. 50. *
Vespertilio megalotis. Temminck. Monograph. d. Mammal. V. II. p. 258.

Vespertilio auritus? Temminck. Monograph. d. Mammal. V. II. p. 258.

Plecotus megalotis. Keys. Blas. Wiegm. Arch. B. VI. (1840). Th. I. S. 2.

Vespertilio megalotis. Wagn. Schreber Säugth. Suppl. B. I. S. 489. Note 2.

Plecotus megalotis. Wagn. Schreber Säugth. Suppl. B. I. S. 489. Note 2.

„ „ Wagn. Schreber Säugth. Suppl. B. V. S. 718. Note 1.

Plecotus Auritus. Var. Kolenati. Allg. deutsche naturh. Zeit. B. II. (1856). Hft. 5. S. 183.

Vespertilio megalotis. Giebel. Säugeth. S. 933. Note 3.

Plecotus megalotis. Giebel. Säugeth. S. 933. Note 3.

Plecotus Auritus. Var. Kolenati. Monograph. d. europ. Chiropt. S. 128. Nr. 25.

Unsere Kenntniss von dieser Form, deren Artselbstständigkeit wohl begründet zu sein scheint, beruht nur auf einer kurzen Beschreibung, welche wir Rafinesque verdanken und die uns auch von Desmarest mitgetheilt worden ist.

An Grösse steht sie der timorischen *(Plecotus timoriensis)* und Schleier-Löffelfledermaus *(Plecotus velatus)* merklich nach und kommt hierin nahezu mit der Columbia-Löffelfledermaus *(Plecotus Townsendii)* überein, daher sie eine grössere Form in der Gattung und eine mittelgrosse in der Familie bildet.

Die Ohren sind sehr gross und lang, und die Ohrklappe ist lang und fast von derselben Länge wie das Ohr. Der Schwanz ist sehr lang und etwas länger als der Körper.

Die Oberseite des Körpers ist gesättigt grau, die Unterseite blassgrau.

Gesammtlänge	4″.	Nach Rafinesque.
Körperlänge nicht ganz	2″.	
Länge des Schwanzes etwas über	2″.	
Spannweite der Flügel	1′.	

Die Zahl der Lücken- und Backenzähne ist nicht angegeben.

Vaterland. Nord-Amerika, wo diese Art die nördlicher gelegenen Gegenden bewohnt.

Alle Nachfolger Rafinesque's sind in der Ansicht einig, dass dieselbe der Gattung Löffelfledermaus *(Plecotus)* einzureihen sei, doch geht ihre Meinung bezüglich der Artselbstständigkeit dieser Form auseinander, indem Temminck die Vermuthung ausgesprochen, dass sie mit unserer europäischen gemeinen Löffelfledermaus *(Plecotus auritus)* zusammenfallen könnte und Kolenati sie geradezu nur für eine Abänderung derselben betrachten will.

Gegen die Richtigkeit dieser Anschauung spricht aber nicht nur die Verschiedenheit des Vaterlandes, sondern auch die beträchtlichere Körpergrösse, die Abweichung in der Färbung und der längere Schwanz, welcher nicht – wie Wagner irrig und zwar blos in Folge eines Schreibfehlers angibt — kürzer, sondern etwas länger als der Körper ist.

11. Die Columbia-Löffelfledermaus *(Plecotus Townsendii)*.

P. megalotis circa magnitudine; auriculis longissimis maximis, ad basin internam nec emarginatis, nec lobatis; cauda longa, corpore eximie et antibrachio parum breviore; notaeo rufescente-fusco, gastraeo fulvescente-cinereo vel ochraceo.

Plecotus Townsendii. Cooper. Ann. of the Lyc. of New-York. V. IV. p. 73. t. 3. f. 6. (Kopf).

Synotus Townsendii. Wagn. Schreber Säugth. Suppl. B. V. S. 720. Nr. 5.

Wir kennen diese Art bis jetzt blos aus einer Beschreibung und Abbildung von Cooper.

Sie gehört den grösseren Formen ihrer Gattung und den mittelgrossen in der Familie an, und ist mit der grauen Löffelfledermaus *(Plecotus megalotis)* ungefähr von gleicher Grösse.

In der Körpergestalt im Allgemeinen hat sie einige Ähnlichkeit mit der georginischen Löffelfledermaus *(Plecotus Lecontii)*, doch ist sie etwas kräftiger in ihren Formen.

Die Ohren sind sehr lang und gross, und bieten an der Wurzel ihres Innenrandes keine Einbuchtung und daher auch keinen vorspringenden Lappen dar. Der Schwanz ist lang, doch beträchtlich kürzer als der Körper und nur wenig kürzer als der Vorderarm.

Die Oberseite des Körpers ist röthlichbraun, wobei die einzelnen Haare an der Wurzel dunkel und an den Spitzen braun und rostfarben überflogen sind. Die Unterseite ist rothgelblichaschgrau oder ocherfarben und gegen den Steiss zu heller.

Gesammtlänge	3″ 8‴.	Nach Cooper.
Körperlänge	2″ 1‴.	
Länge des Schwanzes	1″ 7‴.	
„ des Vorderarmes	1″ 8‴.	
„ der Ohren	1″ 1‴.	

Im Oberkiefer sind jederseits 1 Lückenzahn und 4 Backenzähne, im Unterkiefer 1 Lückenzahn und 5 Backenzähne vorhanden.

Vaterland. Nord-Amerika, wo diese Art im höheren Norden am Columbia-Flusse angetroffen wird und daselbst von Townsend entdeckt wurde.

Wagner reiht sie der Ohrbildung wegen der Gattung Haftfledermaus *(Synotus)* ein.

12. **Die georginische Löffelfledermaus** *(Plecotus Lecontii)*.

P. auriti magnitudine; rostro supra utrinque protuberantia verrucosa asserculiformi a naribus usque ad oculos protensa limbato; auriculis longissimis capite longioribus majoribusque, latitudine dimidio longitudinis aequali, basi interna nec emarginatis, nec lobatis; trago longo, dimidio auriculae breviore angusto; cauda longa, corpore parum breviore et antibrachio paullo longiore; notaeo dilute fusco, gastraeo dilute griseo ac inter scelides pure albo; pilis corporis omnibus basi obscuris.

Plecotus macrotis. Le Conte. Append. to Mc. Murtries' Cuv. V. I. p. 431.

Plecotus Lecontii. Cooper. Ann. of the Lyc. of New-York. V. IV. p. 72. t. 3. f. 5. (Kopf).

Synotus Lecontii. Wagn. Schreber Säugth. Suppl. B. V. S. 720. Nr. 4. *

Synotus Maugei? Wagn. Schreber Säugth. Suppl. B. V. S. 720. Nr. 4. *

Le Conte hat diese Art entdeckt und auch zuerst beschrieben und später hat uns auch Cooper eine Beschreibung von

derselben mitgetheilt und diese durch Beifügung einer Abbildung erläutert.

In Ansehung der Grösse steht sie der Nepal-Löffelfledermaus *(Plecotus homochrous)* nur wenig nach, da sie mit unserer gemeinen Löffelfledermaus *(Plecotus auritus)* und der sumatranischen Haftfledermaus *(Synotus macrotis)* vollkommen von gleicher Grösse ist, daher eine mittelgrosse Form in der Gattung und eine kleinere in der Familie bildet.

Der Schnauzenrücken ist zu beiden Seiten von einer warzigen, leistenartigen Erhöhung eingesäumt, welche sich von den Augen bis zu den Nasenlöchern erstreckt. Die Ohren sind sehr lang, grösser und länger als der Kopf, halb so breit als lang, an der Wurzel ihres Innenrandes nicht eingebuchtet und daher auch nicht mit einem vorspringenden Lappen versehen. Die Ohrklappe ist lang, doch kürzer als das halbe Ohr und schmal. Der Schwanz ist lang, nur wenig kürzer als der Körper und etwas länger als der Vorderarm.

Die Oberseite des Körpers ist lichtbraun, die Unterseite hellgrau und zwischen den Hinterbeinen rein weiss. Sämmtliche Körperhaare sind an der Wurzel dunkel und gehen auf der Oberseite in lichtbraune, auf der Unterseite in hellgraue und zwischen den Hinterbeinen in rein weisse Spitzen aus.

Gesammtlänge	3″ 4‴.	Nach Cooper.
Körperlänge	1″ 9‴.	
Länge des Schwanzes	1″ 7‴.	
„ „ Vorderarmes	1″ 6‴.	
„ „ Ohren	1″.	

In beiden Kiefern ist jederseits 1 Lückenzahn vorhanden; Backenzähne befinden sich im Oberkiefer in jeder Kieferhälfte 4, im Unterkiefer 5.

Vaterland. Nord-Amerika, Vereinigte Staaten, wo diese Art sowohl in Georgien, als auch in Süd-Carolina in der Umgegend von Charleston getroffen wird.

Wagner zählte dieselbe wegen der mangelnden Einbuchtung an der Basis des Innenrandes der Ohren und der leistenartigen Erhöhung auf dem Schnauzenrücken, zur Gattung Haftfledermaus *(Synotus)* und ist geneigt, sie mit der westindischen Haftfledermaus *(Synotus Maugei)* in eine Art zu ver-

einigen, da er in der Färbung dieser beiden Formen eine Ähnlichkeit zu erblicken glaubte.

13. Die peruanische Löffelfledermaus *(Plecotus peruvianus)*.

P. velati magnitudine; auriculis magnis longisque valde approximatis; basi interna congredientibus sed non connatis, interne plicis duabus longitudinalibus percursis, idcirco in margine exteriore quasi emarginatis; trago longissimo, auriculae longitudine fere aequali, basi lobato; cauda mediocri, fere $^2/_3$ *corporis longitudine, tota patagio anali inclusa; notaeo obscure fusco-nigro pilis basi obscure griseis, gastraeo griseo-fusco, uropygium versus paullo dilutiore; patagiis nigrescentibus.*

Vespertilio velatus. Tschudi. Fauna Peruana. S. 74.
Vesperugo velatus. Tschudi. Fauna Peruana. S. 74.
Plecotus velatus? Wagn. Schreber Säugth. Suppl. B. V. S. 718. Nr. 4.

Jedenfalls eine der Schleier-Löffelfledermaus *(Plecotus velatus)* nahe stehende Form, welche bis jetzt nur von Tschudi beschrieben, von demselben aber mit dieser für identisch gehalten wurde.

Die Abweichungen, welche sich zwischen diesen beiden Formen aber in Bezug auf die Bildung der Ohren ergeben, so wie auch die verhältnissmässig grössere Länge des Schwanzes, sprechen deutlich gegen diese Annahme und für ihre Selbstständigkeit als Art.

In der Körpergrösse kommt sie mit der Schleier-Löffelfledermaus *(Plecotus velatus)* vollständig überein, daher sie eine der mittelgrossen Formen in der Familie und eine der grössten in ihrer Gattung bildet.

Die Ohren sind gross und lang, sehr nahe nebeneinander stehend und stossen an der Wurzel ihres Innenrandes auf dem Scheitel zusammen, ohne jedoch mit einander verwachsen zu sein. Auf ihrer Innenseite sind dieselben mit zwei Längsfalten versehen, in Folge deren Stellung sie am Aussenrande gleichsam mit einer Ausrandung versehen zu sein scheinen. Die Ohrklappe ist sehr lang, fast ebenso lang als das Ohr und an der Wurzel gelappt. Der Schwanz ist mittellang, nahezu $^2/_3$ der Körperlänge

einnehmend und vollständig von der Schenkelflughaut eingeschlossen.

Die Oberseite des Körpers ist dunkel braunschwarz, wobei die einzelnen Haare an der Wurzel dunkelgrau gefärbt sind. Die Unterseite ist graubraun und nach hinten zu etwas lichter. Die Flughäute sind schwärzlich.

Körperlänge eines alten Weibchens	2″	8‴.	Nach Tschudi.
Länge des Schwanzes	1″	10‴.	
Spannweite der Flügel . . . . . 1′		2‴.	

Im Oberkiefer ist jederseits 1 Lückenzahn vorhanden, im Unterkiefer aber keiner. Backenzähne befinden sich im Oberkiefer 4, im Unterkiefer 5.

Vaterland. Süd-Amerika, Peru, wo Tschudi diese Art entdeckte.

Wagner vermuthet, dass sie mit der Schleier-Löffelfledermaus *(Plecotus velatus)* der Art nach zusammenfallen dürfte.

14. Die Schleier-Löffelfledermaus *(Plecotus velatus)*.

P. peruviani magnitudine; capite elongato, facie maximam partem calva; naribus sat approximatis subtubuliformibus; auriculis maximis longissimis latis, capite longioribus, fere tam latis quam longis, amplis, membranaceis diaphanis, antrorsum nutantibus, supra obtuse rotundatis, basi interna non congredientibus approximatis, fascia cutanea angusta pilis occulta connatis, in margine interiore ad basin introrsum inflexis, in exteriore plicis duabus longitudinalibus percursis et late emarginatis, interne transversaliter plicatis; trago longo, dimidii auriculae longitudine foliiformi, in margine exteriore basi emarginato; patagio anali lato; cauda mediocri, dimidio corpore eximie longiore et antibrachio paullo breviore, apice articulo ultimo partim prominente libera; corpore pilis sat longis mollibus large ac dense vestito; notaeo nitide et saturate castaneo-fusco, gastraeo pallide fuscescente, in regione pubis albescente, pilis corporis omnibus basi nigro-fuscis; patagiis obscure fusco-griseis.

Plecotus velatus. Isid. Geoffr. Ann. des sc. nat. V. III. p. 446.
„ „ Griffith. Anim. Kingd. V. V. p. 285. Nr. 5.
Vespertilio velatus. Fisch. Synops. Mammal. p. 118, 554. Nr. 50.

Plecotus velatus. Fisch. Synops. Mammal. p. 118, 554. Nr. 50.
„ „ Isid. Geoffr. Guérin Magas. d. Zool. 1832. Nr. 2, 3. t. 2.
Vespertilio velatus. Temminck. Monograph. d. Mammal. V. II. p. II. p. 240. t. 59. f. 3.
Vespertilio velatus. Wagn. Schreber Säugth. Suppl. B. I. S. 528. Nr. 66.
Vesperugo velatus. Wagn. Schreber Säugth. Suppl. B. I. S. 528. Nr. 66.
Plecotus velatus. D'Orbigny. Voy. dans l'Amér. mérid. Mammif. p. 14.
Vespertilio velatus. Tschudi. Fauna Peruana. S. 74.
Vesperugo velatus. Tschudi. Fauna Peruana. S. 74.
Vespertilio velatus. Gay. Hist. nat. de Chili. p. 40. t. 1. f. 2. (Kopf und Gebiss).
Plecotus velatus. Wagn. Schreber Säugth. Suppl. B. V. S. 717. Nr. 4.
Vespertilio velatus. Giebel. Säugeth. S. 950.
Vesperugo velatus. Giebel. Säugeth. S. 950.

Auguste Saint Hilaire hat diese ausgezeichnete Art entdeckt und Isidor Geoffroy dieselbe zuerst beschrieben.

Sie ist mit der peruanischen Löffelfledermaus (*Plecotus peruvianus*) zwar nahe verwandt, aber schon durch die verschiedene Bildung der Ohren sehr deutlich von derselben unterschieden.

Nebst der peruanischen (*Plecotus peruvianus*) und timorischen Löffelfledermaus (*Plecotus timoriensis*), welchen sie an Grösse gleich kommt, ist sie eine der grössten unter allen bis jetzt bekannten Arten dieser Gattung, obgleich sie nur zu den mittelgrossen Formen in der Familie gehört, und bisweilen auch nur merklich grösser als die graue Löffelfledermaus (*Plecotus megalotis*) angetroffen wird.

Der Kopf ist gestreckt, das Gesicht grösstentheils kahl. Die Nasenlöcher stehen ziemlich nahe nebeneinander und sind etwas röhrenförmig gestaltet. Die Ohren stehen einander genähert, stossen aber nicht mit einander zusammen, sondern sind an der Wurzel ihres Innenrandes durch ein schmales Hautband, das

jedoch von den Kopfhaaren überdeckt wird, über der Stirne mit einander vereinigt. Sie sind gross, sehr lang und breit, länger als der Kopf, fast ebenso breit als lang, sehr weit geöffnet, dünnhäutig und durchscheinend, über das Gesicht nach vorwärts geneigt und an der Spitze stumpf gerundet. An der Basis ihres Innenrandes sind dieselben mit einem starken, nach einwärts gebogenen Umschlage versehen, auf der Aussenseite von zwei Längsfalten durchzogen, von denen die äussere so gestellt ist, dass der Aussenrand breit ausgerandet erscheint, während die nach Innen zu gelegene sich bis an die Spitze des Ohres erstreckt, und auf ihrer Innenseite der Quere nach gefaltet. Die Ohrklappe ist lang, doch nur halb so lang als das Ohr, an der Wurzel ihres Aussenrandes mit einer Ausrandung versehen und von blattförmiger Gestalt. Die Schenkelflughaut ist breit, der Schwanz ist mittellang, doch beträchtlich länger als der halbe Körper und etwas kürzer als der Vorderarm und ragt mit seiner äussersten Spitze frei aus der Schenkelflughaut hervor.

Die Körperbehaarung ist ziemlich lang, dicht, reichlich und weich.

Die Oberseite des Körpers ist glänzend gesättigt kastanienbraun, die Unterseite blass bräunlich und in der Schamgegend weisslich, wobei die einzelnen an der Wurzel durchaus schwarzbraunen Haare auf der Oberseite in heller braune auf der Unterseite in bräunlichweise Spitzen ausgehen. Die Flughäute sind dunkel braungrau.

Körperlänge	2″ 8‴.	Nach Isidor Geoffroy.
Länge des Schwanzes . .	1″ 8‴.	
„ des Vorderarmes .	1″ 6‴.	
Spannweite der Flügel .	1′.	
Körperlänge	2″ 4‴.	Nach Temminck.
Länge des Schwanzes . .	1″ 6‴.	
„ des Vorderarmes .	1″ 7‴.	
„ der Ohren beinahe	1″.	
Höhe derselben über dem Scheitel	8‴.	
Breite der Ohren . .	7‴.	
Länge der Ohrklappe . .	6‴.	
Spannweite der Flügel .	11″.	

Die von Isidor Geoffroy angegebenen Masse scheinen in Bezug auf die Länge des Vorderarmes nicht ganz richtig zu sein, da derselbe hiernach nicht länger, sondern etwas kürzer als der Schwanz wäre. Auch bezeichnet derselbe den Schwanz als vollständig von der Schenkelflughaut eingeschlossen, was bei dieser Art aber keineswegs der Fall ist.

In beiden Kiefern ist jederseits 1 Lückenzahn vorhanden, doch fällt der des Unterkiefers bei älteren Thieren aus. Backenzähne befinden sich im Oberkiefer 4, im Unterkiefer 5. Die beiden mittleren Vorderzähne des Oberkiefers sind lang und stark, die beiden äusseren sehr klein.

Vaterland. Süd-Amerika, woselbst diese Art nicht nur in Brasilien — wo sie Auguste Saint Hilaire bei Curityba entdeckte, — vorkommt, sondern auch in Bolivia — von wo sie d'Orbigny gebracht, — und in Chili — wo sie Gay gesammelt — angetroffen wird.

Wagner glaubte früher sie zur Gattung „*Vesperugo*" zählen zu dürfen, worin ihm Tschudi sowohl als auch Giebel beistimmten. Später änderte er aber seine Ansicht und theilte sie der Gattung „*Plecotus*" zu.

Die zoologischen Museen von Paris und Wien sind im Besitze dieser Art.

15. **Die chilesische Löffelfledermaus** (*Plecotus Poeppigii*).

P. velato major; auriculis perlongis, capite triplo longioribus ovatis, transversaliter plicatis; trago gladiiformi; alis nec non patagio anali supra infraque calvis; digitis podariorum longis; cauda apice verrucaeformi molli libera; corpore unicolore ex flavescente fusco-griseo, notaeo paullo obscuriore, gastraeo dilutiore.

Nycticejus macrotus. Poeppig. Reise in Chile. B. I. S. 451.
„ „ Poeppig. Froriep's Notiz. B. XXVII. S. 218.
„ „ Wagn. Schreber Säugth. Suppl. B. I. S. 548. Nr. 12.
Nycticejus macrotis? Wagn. Schreber Säugth. Suppl. B. V. S. 774. Nr. 16.
Nycticejus macrotus. Giebel. Säugeth. S. 930.

Bisher nur aus einer kurzen Beschreibung von Poeppig bekannt, aller Wahrscheinlichkeit nach aber eine selbstständige und von der peruanischen *(Plecotus peruvianus)* sowohl, als auch von der Schleier-Löffelfledermaus *(Plecotus velatus)* specifisch verschiedene Form.

Der Angabe Poeppig's zufolge ist sie grösser als die bunte Pelzfledermaus *(Lasiurus varius)*, daher auch grösser als die timorische *(Plecotus timoriensis)* und Schleier-Löffelfledermaus *(Plecotus velatus)*, sonach eine mittelgrosse Form in der Familie und die grösste unter allen bis jetzt bekannt gewordenen dieser Gattung.

Die Ohren sind überaus lang, dreimal so lang als der Kopf, von eiförmiger Gestalt und der Quere nach gerunzelt. Die Ohrklappe ist schwertförmig. Die Flügel und die Schenkelflughaut sind auf der Ober- wie der Unterseite kahl, die Zehen lang. Der Schwanz ragt mit seiner warzigen weichen beweglichen Spitze frei über die Schenkelflughaut hinaus.

Die Färbung des Körpers ist einfärbig gelblich-braungrau oder mausgrau, auf der Oberseite etwas dunkler, auf der Unterseite heller.

Körpermaasse fehlen und ebenso mangelt es auch an einer Angabe über die Zahl der Lücken- und Backenzähne. Vorderzähne befinden sich im Oberkiefer 2, die durch einen weiten Zwischenraum von einander getrennt sind, im Unterkiefer 6.

Vaterland. Süd-Amerika, wo Poeppig diese Art in Chili in der Umgegend von Antuco entdeckte.

Poeppig zählte sie wegen der im Oberkiefer mangelnden beiden mittleren Vorderzähne zur Gattung Schwirrfledermaus *(Nycticejus)* und ebenso auch Wagner und Giebel. Ersterer bezweifelt jedoch ihre Zusammengehörigkeit mit der von Gay unter dem Namen „*Nycticejus macrotis*“ beschriebenen grossohrigen Pelzfledermaus *(Lasiurus macrotis)*, während Giebel beide mit einander vereinigt.

39. Gatt.: **Haftfledermaus (Synotus).**

Der Schwanz ist lang oder sehr lang, grösstentheils von der Schenkelflughaut eingeschlossen und nur mit seinem Endgliede frei aus derselben hervorragend. Der Daumen ist frei. Die Ohren sind einander genähert, mit ihrem Aussenrande bis gegen den Mundwinkel oder noch über denselben hinaus verlängert, an der Wurzel ihres Innenrandes über dem Scheitel mit einander verwachsen, und kurz oder mittellang. Die Sporen sind von einem Hautlappen umsäumt und mittellang. Die Flügel reichen bis an die Zehenwurzel. Die Zehen der Hinterfüsse sind dreigliederig und von einander getrennt. Die Schnauze ist von einer Grube ausgehöhlt und die Nasenlöcher liegen auf der Oberseite derselben. In beiden Kiefern ist jederseits nur 1 Lückenzahn vorhanden, von denen jedoch der des Oberkiefers im Alter bisweilen ausfällt; Backenzähne befinden sich in beiden Kiefern jederseits 4. Die Vorderzähne des Oberkiefers sind auch im Alter bleibend.

Zahnformel: Vorderzähne $\frac{4}{6}$, Eckzähne $\frac{1-1}{1-1}$, Lückenzähne $\frac{1-1}{1-1}$ oder $\frac{0-0}{1-1}$, Backenzähne $\frac{4-4}{4-4}$ = 34 oder 32.

1. **Die gemeine Haftfledermaus** (*Synotus Barbastellus*).

S. Synoto Maugei parum minor; rostro brevissimo plano, in antica parte tumido obtuso, supra fossa excavato, inter oculos et nares tumore verrucoso trigono instructo, calvo et in lateribus solum parce piloso; buccis tumidis pilis longis dense obtectis; naribus parvis reniformibus superis; auriculis mediocribus magnis latis amplissimis approximatis, basi in margine interiore supra verticem concretis, crassiusculis fere quadrangularibus, in margine exteriore versus oris angulum usque protractis et inter oculos et labium superiorem supra eum finitis, nec non supra medium lobo prosiliente rotundato instructis et apicem versus sinuatis, in interiore convexis, apice rotundatis, externe maximam partem calvis et in medio solum fascia longitudinali pilosa obtectis, interne parce pilosis plicisque 5 transversalibus per-

cursis, postica brevissima; trago longo, paullo ultra dimidium auriculae attingente, basi latissimo, apicem versus valde attenuato, in- et retrorsum directo, in margine exteriore basi protuberantia dentiformi instructo; alis longis crassiusculis, versus corporis latera usque ultra brachii medium et genu dense pilosis, infra antibrachium parce pilis obtectis, ad digitorum pedis basin usque attingentibus; patagio anali lato, infra basi piloso nec non 14 seriebus transversalibus vasorum percurso, calcaribus mediocribus lobo cutaneo et asserculo cartilagineo suffulto limbatis; cauda longa aut longissima, corpori vel longitudine aequali, vel eo paullo longiore et antibrachio eximie longiore, apice articulo ultimo prominente libera; corpore pilis modice longis mollibus, holosericeis dense vestito, superioribus longioribus; notaeo saturate nigro-fusco, dilute ex fulvescente fusco-griseo lavato, pilis singulis quadricoloribus; gastraeo obscure griseo-fusco, fuscescente-albido lavato, pilis a basi usque infra medium nigro-fuscis; inguine albido-griseo, patagio anali basi fusco-griseo in junioribus animalibus griseo-albescente, alis dilute nigrescente-fuscis, auriculis nigris.

Barbastelle. Daubent. Mém. de l'Acad. 1759. p. 381. t. 2. f. 3. (Kopf).

" Buffon. Hist. nat. d. Quadrup. V. VIII. p. 119, 130. t. 19. f. 2.

Barbastelle bat. Pennant. Synops. Quadrup. p. 370. Nr. 290.

Vespertilio Barbastellus. Schreber. Säugth. B. I. S. 168. Nr. 13. t. 55.

Kurzmaul. Müller. Natursyst. Suppl. S. 17.

Vespertilio Barbastellus. Erxleb. Syst. regn. anim. P. I. p. 148. Nr. 6.

Vespertilio Barbastellus. Zimmerm. Geogr. Gesch. d. Mensch. u. d. Thiere. B. II. S. 414. Nr. 366.

Barbastelle Bat. Pennant. Hist. of Quadrup. V. II. p. 561. Nr. 410.

Vespertilio Barbastella. Boddaert. Elench. anim. V. I. p. 69· Nr. 8.

Vespertilio Barbastellus. Gmelin. Linné Syst. Nat. T. I. P. I. p. 48. Nr. 13.

Barbastelle bat. Shaw. Gen. Zool. V. I. P. 1. p. 133.
Vespertilio Barbastellus. Montagu. Linnean Transact. V. IX. p. 171.
„ „ Geoffroy. Ann. du Mus. V. VIII. p. 196. Nr. 6. t. 46. (Kopf). t. 48. (Schädel).
Plecotus Barbastellus. Geffroy. Ann. du. Mus. V. VIII. p. 196. Nr. 6. t. 46. (Kopf). t. 48. (Schädel).
Vespertilio Barbastellus. Leisler. Magaz. d. Gesellsch. naturf. Fr. zu Berlin. B. IV. (1810). S. 157.
„ „ Kuhl. Wetterau. Ann. B. IV. S. 48.
Barbastelle. Cuv. Règne anim. Edit. I. V. I. p. 130.
Vespertilio Barbastellus. Desmar. Nouv. Dict. d'hist. nat. V. XXXV. p. 479. Nr. 23.
Plecotus Barbastellus. Desmar. Nouv. dict. d'hist. nat. V. XXXV. p. 479. Nr. 23.
Vespertilio Barbastellus. Desmar. Mammal. p. 145. Nr. 224.
Plecotus Barbastellus. Desmar. Mammal. p. 145. Nr. 224.
Encycl. méth. t. 38. f. 6.
Plecotus Barbastellus. Lesson. Man. de Mammal. p. 96. Nr. 235.
„ „ Griffith. Anim. Kingd. V. V. p. 282. Nr. 2.
Vespertilio Barbastellus. Fisch. Synops. Mammal. p. 117, 553. Nr. 46.
Plecotus Barbastellus. Fisch. Synops. Mammal. p. 117, 553. Nr. 46.
„ „ Fr. Cuv. Geoffr. Hist. nat. des Mammif. V. II. c. fig.
Barbastellus communis. Gray. Philos. Magaz. 1829. p. 31.
Vespertilio barbastellus. Wagler. Syst. d. Amphib. S. 13.
„ *Barbastellus.* Jäger. Würtemb. Fauna. S. 13.
„ „ Nilss. Skandin. Fauna. Edit. I. S. 57.
Barbastellus communis. Fitz. Fauna. Beitr. z. Landesk. Österr. B. I. S. 293.
Vespertilio barbastellus. Gloger. Säugeth. Schles. S. 5. Nr. 1.
„ „ Zawadzki. Galiz. Fauna. S. 15.
Barbastellus communis. Bonaparte. Iconograf. della Fauna ital. Fasc. XXI. c. fig.

Vespertilio Barbastellus. Temminck. Monograph. d. Mammal. V. II. p. 202. t. 48. f. 6. (Kopf).

Barbastellus Daubentonii. Bell. Brit. Quadrup. p. 63.

Vespertilio Barbastellus. Selys Longch. Faune belge. p. 22. t. 1. f. 9.

Barbastellus communis. Gray. Magaz. of Zool. and Bot. V. II. p. 495.

Synotus Barbastellus. Keys. Blas. Wiegm. Arch. B. V. (1839). Th. I. S. 305.

" " Keys. Blas. Wirbelth. Europa's. S. XVI, 55. Nr. 102.

Vespertilio Barbastellus. Wagn. Schreber Säugth. Suppl. B. I. S. 486. Nr. 1.

Synotus Barbastellus. Wagn. Schreber Säugth. Suppl. I. S. 486. Nr. 1.

Plecotus Barbastellus. Freyer. Fauna Krain's. S. 2. Nr. 2.

Barbastellus communis. Gray. Mammal. of the Brit. Mus. p. 25.

Vespertilio Barbastellus. Blainv. Ostéograph. Crіropt. p. 8.

Barbastellus communis. Blyth. Journ. of the Asiat. Soc. of Bengal. V. XXI. (1853.) p. 360.

Synotus Barbastellus. Wagn. Schreber Säugth. Suppl. B. V. T. 718. Nr. 1.

Vespertilio Barbastellus. Reichenb. Deutschl. Fauna. S. 3. t. 2. f. 8.

Synotus Barbastellus. Kolenati. Allg. deutsche naturh. Zeit. B. II. (1856.) Heft 5. S. 186.

" " Blas. Fauna. Wirbelth. Deutschl. B. I. S. 43. Nr. 1.

Vespertilio Barbastellus. Giebel. Säugeth. S. 932.

Synotus barbastellus. Giebel. Säugeth. S. 932.

Synotus Barbastellus. Kolenati. Monograph. d. europ. Chiropt. S. 135. Nr. 27.

Wir kennen diese Art, welche der einzige in Europa vorkommende Repräsentant dieser Gattung ist, die von Gray unter dem Namen „*Barbastellus*" aufgestellt und von Keyserling und Blasius mit dem Namen „*Synotus*" bezeichnet wurde, schon seit dem Jahre 1759, wo Daubenton dieselbe zuerst beschrieb und uns auch eine Abbildung ihres Kopfes mittheilte.

Später wurde sie auch von Buffon beschrieben und abgebildet.

Sie ist nur wenig kleiner als die westindische (*Synotus Maugei*) und meistens merklich grösser als die sumatranische Haftfledermaus (*Synotus macrotis*), daher eine der kleineren unter den mittelgrossen Formen in der Familie und eine der grösseren in ihrer Gattung.

Die Schnauze ist überaus kurz, flach, vorne wulstig und stumpf, auf der Oberseite von einer Grube ausgehöhlt, zu beiden Seiten von einem dreieckigen drüsigen Wulste eingefasst, der über den Augen beginnt und bis gegen die Nasenlöcher reicht, kahl und nur an den Seiten dünn behaart. Die Backen sind aufgetrieben und dicht mit langen Haaren besetzt. Die Nasenlöcher sind klein, nierenförmig und liegen auf der Oberseite der Schnauze. An der Unterlippe gegen das Kinn zu befindet sich ein dreieckig-abgerundeter kahler Querwulst. Die Augen sind sehr klein und stehen nahe an der Wurzel der Ohren. Die Ohren sind mittellang, ungefähr von der Länge des Kopfes, gross, breit, sehr weit geöffnet, nahe nebeneinander stehend, an der Wurzel ihres Innenrandes über dem Scheitel mit einander verwachsen, dickhäutig und fast von viereckiger Gestalt. An ihrem Aussenrande, der sich bis gegen den Mundwinkel verlängert und vor und über demselben zwischen den Augen und der Oberlippe endigt, sind dieselben etwas über ihrer Mitte mit einem abgerundeten vorspringenden Lappen versehen und über diesem gegen die Spitze zu mit einer Einbuchtung; am Innenrande dagegen sind sie gleichmässig ausgebogen, ohne vorspringenden Lappen an der Wurzel und an der Spitze abgerundet. Die Aussenseite derselben ist grösstentheils kahl und nur längs der Mitte verläuft eine breite Haarbinde. Die Innenseite ist von fünf Querfalten durchzogen, von denen die oberste die kürzeste ist und spärlich mit kurzen Härchen besetzt. Die Ohrklappe ist lang, etwas über die Ohrmitte reichend, an der Wurzel sehr breit, gegen die Spitze zu stark verschmälert und nach ein- und rückwärts gebogen und an der Basis des Aussenrandes mit einem vorspringenden Zacken versehen. Die Flügel sind lang, dickhäutig, längs des Körpers bis über die Mitte des Oberarmes und zum Knie dicht, unter dem Vorderarme aber nur dünn behaart,

und reichen bis an die Zahnwurzel. Die Mittelhandknochen nehmen vom dritten bis zum fünften Finger nur wenig an Länge ab und das erste Glied des dritten Fingers ist etwas länger als das des vierten und fünften, welche fast von gleicher Länge sind. An der Wurzel des Daumens befindet sich eine glatte Schwiele. Die Sohlen sind an der Ferse mit einer grossen rundlichen und an der Zehenwurzel mit zwei kleineren Schwielen besetzt und in der Mitte der Länge nach gerunzelt. Die Schenkelflughaut ist breit, auf der Unterseite an der Wurzel behaart und von 14 Querreihen von Gefässwülstchen durchzogen. Die Sporen sind mittellang und von einem Hautlappen umsäumt, der von einer besonderen Knorpelleiste gestützt wird. Der Schwanz ist lang oder sehr lang, fast ebenso lang oder auch etwas länger als der Körper, beträchtlich länger als der Vorderarm, und ragt mit seinem Endgliede frei aus der Schenkelflughaut hervor. Der Gaumen ist von 7 Querfalten durchzogen, von denen die erste ungetheilt, die sechs folgenden aber durchbrochen sind.

Die Körperbehaarung ist mässig lang, dicht, weich und sammtartig, das Haar auf der Oberseite länger.

Die Oberseite des Körpers ist gesättigt schwarzbraun und hell rothgelblich-braungrau überflogen, da die einzelnen Haare derselben, welche vier verschiedene Farbentöne darbieten, in hell rothgelblich-braungraue Spitzen endigen. Die Unterseite ist tief graubraun, mit bräunlichweissem Anfluge, wobei die einzelnen Haare in ihrem Wurzeltheile nicht ganz bis zur Mitte schwarzbraun, im Endtheile aber bräunlichweiss gefärbt sind. Der Hinterbauch ist weissgrau, die Schenkelflughaut an der Wurzel braungrau, bei jüngeren Thieren grauweisslich. Die Flughäute sind licht schwarzbraun, die Ohren schwarz.

Gesammtlänge	3″	11‴.	Nach Kuhl.
Körperlänge	2″		
Länge des Schwanzes . . .	1″	11‴.	
„ der Ohren		4$^{1}/_{2}$‴.	
Breite „ „		6‴.	
Länge der Ohrklappe . . .		2$^{1}/_{2}$‴.	
„ des Daumens		2$^{1}/_{2}$‴.	
Spannweite der Flügeln . .	10″	6‴.	

Gesammtlänge	3″	5‴.	Nach Keyserling u. Blasius.
Körperlänge	1″	7‴.	
Länge des Schwanzes	1″	10‴.	
„ des Vorderarmes	1″	5½‴.	
„ „ Kopfes		7‴.	
„ der Ohren		7½‴.	
„ des dritten Fingers	2″	7‴.	
„ des fünften „	2″		
Spannweite der Flügel	10″.		

In beiden Kiefern befinden sich jederseits 1 Lücken- und 4 Backenzähne, doch fällt der Lückenzahn des Oberkiefers im höheren Alter aus. Die oberen Vorderzähne sind zweispitzig, die unteren dreikerbig und stehen fast in der Richtung des Kiefers. Der obere Lückenzahn ist sehr klein und aus der Zahnreihe heraus und nach innen gerückt.

Vaterland. Beinahe ganz Europa mit Ausnahme des nördlichsten und südlichsten Theiles, und Mittel-Asien. In Europa reicht sie einerseits von Schweden durch Finnland, Esthland, Liefland, Kurland, Ingermannland, Polen und das ganze mittlere und südliche Russland, südwärts bis in die Krim, andererseits von England durch Frankreich, Dänemark, Holland, Belgien, Deutschland, die Schweiz und die gesammte österreichisch-ungarische Monarchie bis in das nördliche und mittlere Italien und in die nördliche Türkei. In Asien wird sie durch das ganze mittlere und südliche Sibirien bis in den Kaukasus und an den Himalaya angetroffen.

2. **Die zweifärbige Haftfledermaus** (*Synotus leucomelas*).

S. macrote distincte minor; rostro tenui, naso tumido; auriculis magnis, basi interna supra frontem connatis, apice divergentibus, in margine exteriore profunde emarginatis, externe pilosis plicisque tribus furcatis percursis; trago longo acuminato; in margine exteriore basi unidenticulato; patagiis magnis, anali basi piloso; cauda longa, corpori longitudine fere aequali et antibrachio paullo longiore, apice parum prosiliente libera; corpore pilis mollibus dense vestito; notaeo grisescente-nigro dilute fusco-lavato; collo infra, pectore et epigastrio ex albo nigroque

mixtis, hypogastrio, regione pubis, patagii analis parte basali, nec non lateribus corporis perfecte albis, pilis corporis omnibus basi grisescente-nigris; patagiis griseo-fuscis venis albis percursis, auriculis nigris.

Vespertilio leucomelas. Cretzschmar. Rüppell's Atlas. S. 73. t. 28. f. 6.

„ „ Temminck. Monograph. d. Mammal. V. II. p. 204.

Plecotus leucomelas. Gray. Magaz. of Zool. and Bot. V. II. p. 495.

Synotus leucomelas. Keys. Blas. Wiegm. Arch. B. VI. (1840). Th. I. S. 2.

Vespertilio leucomelas. Wagn. Schreber Säugth. Suppl. B. I. S. 522. Nr. 53.

Synotus leucomelas. Wagn. Schreber Säugth. Suppl. B. I. S. 522. Nr. 53.

Plecotus Christii? Gray. Mammal. of the Brit. Mus. p. 25.

Synotus leucomelas. Wagn. Schreber Säugth. Suppl. B. V. S. 719. Nr. 2.

Vespertilio leucomelas. Giebel. Säugeth. S. 832.

Synotus leucomelas. Giebel. Säugeth. S. 932.

„ „ Heugl. Fauna d. roth. Meer. u. d. Somáli-Küste. S. 13.

„ „ Fitz. Heugl. Säugeth. Nordost-Afr. S. 9. Nr. 8. (Sitzungsber. d. math. naturw. Cl. d. kais. Akad. d. Wiss. B. LIV.)

Rüppel hat diese wohl unterschiedene Art entdeckt und Cretzschmar dieselbe zuerst beschrieben und abgebildet.

Bezüglich ihrer Grösse steht sie der sumatranischen Haftfledermaus (*Synotus macrotis*) merklich nach, daher sie die kleinste unter den bisher bekannten Arten ihrer Gattung bildet und auch in der Familie den kleineren Formen angehört.

Die Schnauze ist dünn, die Nase wulstig über die Oberlippe erhaben. Die Ohren sind gross, an der Wurzel ihres Innenrandes über der Stirne mit einander verwachsen, an der Spitze divergirend, am Aussenrande mit einer starken Ausrandung versehen, auf der Aussenseite behaart und von drei gegabelten

Furchen durchzogen. Die Ohrklappe ist lang, zugespitzt, und an ihrem äusseren Rande mit einem zackenartigen Vorsprunge versehen. Die Flughäute sind gross und die Schenkelflughaut ist an ihrer Wurzel behaart. Der Schwanz ist lang, fast von derselben Länge wie der Körper und etwas länger als der Vorderarm, und ragt mit seiner äussersten Spitze frei aus der Schenkelflughaut hervor.

Die Körperbehaarung ist dicht und weich.

Die Oberseite des Körpers ist graulichschwarz und lichtbraun überflogen, da die einzelnen graulichschwarzen Haare in feine lichtbraune Spitzen endigen. Die Unterseite des Halses, die Brust und der Vorderbauch sind aus Weiss und Schwarz gemischt, der Hinterbauch, die Schamgegend, die Wurzel der Schenkelflughaut und die Leibesseiten aber vollständig weiss, wobei die einzelnen Haare in ihrer Wurzelhälfte graulichschwarz, in ihrer Endhälfte aber rein weiss sind. Die Flughäute sind graubraun und weisslich geadert, die Ohren schwarz.

Körperlänge	1″	7‴.	Nach Cretzschmar.
Länge des Schwanzes . . .	1″	3‴.	
Körperlänge	1″	7‴.	Nach Temminck.
Länge des Schwanzes fast .	1″	7‴.	
„ des Vorderarmes . .	1″	5‴.	
Spannweite der Flügel . .	9″	10‴.	

Cretzschmar hat die Länge des Schwanzes offenbar zu gering angegeben.

In beiden Kiefern sind jederseits 1 Lückenzahn und 4 Backenzähne vorhanden, doch fällt der Lückenzahn des Oberkiefers bei zunehmendem Alter aus. Die beiden mittleren oberen Vorderzähne sind zweispitzig, die beiden äusseren einspitzig, die unteren Vorderzähne dreizackig.

Vaterland. Nordost-Afrika und Südwest-Asien, woselbst diese Art an den Küsten des rothen Meeres, sowohl in Abyssinien und insbesonders in Massaua angetroffen wird und sich von dort noch weiter nordwärts verbreitet, als auch im peträischen Arabien.

Gray, der dieselbe früher für eine selbstständige Art betrachtete, zeigte sich später geneigt, sie mit der von ihm

beschriebenen gesprenkelten Löffelfledermaus *(Plecotus Christii)* für identisch zu halten.

Keyserling und Blasius, so wie auch alle ihre Nachfolger mit Ausnahme von Gray, rechnen sie zur Gattung Haftfledermaus *(Synotus)*.

Das zoologische Museum zu Frankfurt a. M. besitzt Exemplare dieser Art.

3. Die sumatranische Haftfledermaus *(Synotus macrotis)*.

S. leucomela distincte major; rostro obtuso; auriculis magnis sat latis; trago foliiformi curvato; patagiis valde membranaceis diaphanis; cauda longa, corpore eximie breviore et antibrachio perparum longiore; notaeo gastraeoque unicoloribus ex rufescente nigro-fuscis; alis patagioque anali dilute fuscescente-albidis, corpus versus magis in fuscum vergentibus venis numerosis fuscis percursis; rostro nigro.

Vespertilio macrotis. Temminck. Monograph. d. Mammal. V. II. p. 218. t. 54. f. 7, 8.

Synotus macrotus. Keys. Blas. Wiegm. Arch. B. VI. (1840.) Th. I. S. 2.

Vespertilio macrotis. Wagn. Schreber Säugth. Suppl. B. I. S. 510. Nr. 29.

Vesperugo macrotis. Wagn. Schreber Säugth. Suppl. B. I. S. 510. Nr. 29.

Synotus macrotis. Wagn. Schreber Säugth. Suppl. B. V. S. 719. Nr. 3.

Vespertilio macrotis. Wagn. Schreber Säugth. Suppl. B. V. S. 739. Nr. 35.

Vesperugo macrotis. Wagn. Schreber Säugth. Suppl. B. V. S. 739. Nr. 35.

Vespertilio macrotis. Giebel. Säugeth. S. 945.

Vesperugo macrotis. Giebel. Säugeth. S. 945.

Eine sehr ausgezeichnete und mit keiner anderen zu verwechselnde Art, welche seither blos von Temminck beschrieben und von demselben auch abgebildet wurde.

Sie zählt zu den kleineren Formen in der Familie und den mittelgrossen ihrer Gattung, da sie merklich grösser als die zweifärbige Haftfledermaus *(Synotus leucomelas)* ist.

Die Schnauze ist stumpf. Die Ohren sind gross und ziemlich breit und die grosse Ohrklappe ist blattförmig und gekrümmt. Die Flughäute sind sehr dünn und durchscheinend. Der Schwanz ist lang, doch beträchtlich kürzer als der Körper und nur sehr wenig länger als der Vorderarm.

Die Färbung ist auf der Ober- wie der Unterseite des Körpers einfärbig röthlich-schwarzbraun oder bisterbraun. Die Flügel und die Schenkelflughaut sind blassbraunweisslich, gegen den Leib zu mehr in's Braune ziehend und von zahlreichen braunen Adern durchzogen. Die Schnauze ist schwarz.

Körperlänge	1″ 9‴.	Nach Temminck.
Länge des Schwanzes	1″ 3‴.	
„ des Vorderarmes . . .	1″ 2‴.	
Spannweite der Flügel	8″ 1‴—8″ 2‴.	

In beiden Kiefern befindet sich jederseits 1 Lückenzahn, doch fällt jener des Oberkiefers bei zunehmendem Alter gewöhnlich aus. Backenzähne sind in beiden Kiefern in jeder Kieferhälfte 4 vorhanden. Die beiden mittleren Vorderzähne des Oberkiefers sind grösser und zweispitzig, die beiden äusseren kleiner und einspitzig. Die Vorderzähne des Unterkiefers sind sehr klein und spitz.

Vaterland. Süd-Asien, Sumatra, wo diese Art im Districte Padang angetroffen wird.

Keyserling und Blasius zählten dieselbe zu ihrer Gattung „*Synotus*“, Wagner früher zur Gattung „*Vesperugo*“, welcher Ansicht sich auch Giebel angeschlossen hat. In seiner jüngsten Arbeit führte Wagner dieselbe doppelt auf, und zwar einmal in der Gattung „*Synotus*“ und ein zweites Mal der Gattung „*Vesperugo*“.

Das zoologische Museum zu Leyden befindet sich im Besitze dieser Art.

4. Die westindische Haftfledermaus (*Synotus Maugei*).

S. Barbastello parum major; rostro brevi acuminato, naso sat lato; oculis ad auricularum basin sitis; auriculis magnis latissimis, basi interna connatis, supra rotundatis et in margine exteriore infra apicem emarginatis nec non plica longitudinali pilosa

percursis; trago acuminato, dimidio auriculae breviore; cauda corpori longitudine fere aequali; notaeo nigrescente-fusco, gastraeo dilute fusco, versus posteriorem partem dilutiore magisque albescente et versus patagium analem fere albo; patagiis obscure albido-griseis.

Vespertilio Maugei. Desmar. Nouv. Dict. d'hist. nat. V. XXXV. p. 480. Nr. 24.

Plecotus Maugei. Desmar. Nouv. Dict. d'hist. nat. V. XXXV. p. 480. Nr. 24.

Vespertilio Maugei. Desmar. Mammal. p. 145. Nr. 225.

Plecotus Maugei. Desmar. Mammal. p. 145. Nr. 225.

„ „ Lesson. Man. de Mammal. p. 96. Nr. 236.

„ „ Griffith. Anim. Kingd. V. V. p. 283. Nr. 3.

Vespertilio Maugei. Fisch. Synops. Mammal. p. 118, 554. Nr. 48.

Plecotus Maugei. Fisch. Synops. Mammal. p. 118, 554. Nr. 48.

„ „ Isid. Geoffr. Guérin Magas. d. Zool. 1832. Nr. 7.

Vespertilio Maugei. Temminck. Monograph. d. Mammal. V. II. p. 255.

Synotus Maugei. Keys. Blas. Wiegm. Arch. B. VI. (1840). Th. I. S. 2.

Vespertilio Maugei. Wagn. Schreber Säugth. Suppl. B. I. S. 533. Nr. 76.

Synotus Maugei. Wagn. Schreber Säugth. Suppl. B. I. S. 533. Nr. 76.

„ „ Wagn. Schreber Säugth. Suppl. B. V. S. 719. Nr. 4.

Vespertilio Maugei. Giebel. Säugeth. S. 932.

Synotus Maugei. Giebel. Säugeth. S. 932.

Unsere Kenntniss von dieser Form, welche ohne Zweifel eine selbstständige Art bildet, gründet sich nur auf eine Beschreibung von Desmarest und Isidor Geoffroy.

Sie ist nur wenig grösser als die gemeine Haftfledermaus *(Synotus Barbastellus)*, daher eine der kleinsten unter den mittelgrossen Formen in der Familie und die grösste unter den bis jetzt bekannten ihrer Gattung.

Die Schnauze ist kurz und zugespitzt, die Nase ziemlich breit. Die Augen stehen an der Wurzel der Ohren. Die Ohren sind gross und sehr breit, an der Wurzel des Innenrandes mit einander verwachsen, oben abgerundet, am Aussenrande unterhalb der Spitze ausgerandet und mit einer behaarten Längsfalte versehen. Die Ohrklappe ist zugespitzt und kürzer als das halbe Ohr. Der Schwanz ist fast von der Länge des Körpers.

Die Oberseite des Körpers ist schwärzlichbraun, die Unterseite lichtbraun und nach hinten zu heller und mehr weisslich, insbesondere gegen die Schenkelflughaut, wo sie beinahe weiss erscheint. Die Flughäute sind dunkel weisslichgrau.

Körpermaasse sind nicht angegeben.

Die beiden mittleren Vorderzähne des Oberkiefers sind zweispitzig, die beiden äusseren einspitzig, die Vorderzähne des Unterkiefers dreizackig. Über die Zahl der Lücken- und Backenzähne liegt keine Angabe vor.

Vaterland. Mittel-Amerika, West-Indien, Porto-Rico, wo Maugé diese Art entdeckte.

Keyserling und Blasius reihten sie ihrer Gattung *„Synotus"* ein und Wagner und Giebel folgten ihrem Beispiele.

Das naturhistorische Museum zu Paris befindet sich im Besitze dieser Art.

40. Gatt.: **Grubenfledermaus (Romicia).**

Der Schwanz ist mittellang? und vollständig von der Schenkelflughaut eingeschlossen? Der Daumen ist frei? Die Ohren sind weit auseinander gestellt, mit ihrem Aussenrande nicht bis gegen den Mundwinkel verlängert und mittellang? Die Sporen sind von einem Hautlappen umsäumt und sehr lang. Die Flügel reichen bis an die Zehenwurzel? Die Zehen der Hinterfüsse sind dreigliederig und von einander getrennt? Die Schnauze ist von einer Grube ausgehöhlt und die Nasenlöcher liegen auf der Oberseite derselben.

Zahnformel: Unbekannt.

1. Die langspornige Grubenfledermaus (*Romicia calcarata*).

R. buccis tumidis; rostro fossa excavato naribusque in antica parte ejus positis superis, singulis in fossula oblonga ac margine acuto limbata nec non postice convergente sitis; mento utrinque verrucis duabus parvis, gula antice verruca magna instructis; auriculis lateralibus dissitis rotundatis; trago elongato oblongo obtuso; patagio anali fibris muscularibus regularibus percurso; calcaribus longissimis $^2/_3$ marginis posterioris patagii complectentibus basique lobo cutaneo limbatis suffulto; notaeo fusco griseo-lavato, gastraeo albescente; alis nigris.

Romicia calcarata. Gray. Magaz. of Zool. and Bot. V. II. p. 495.

„ „ Gray. Mammal. of the Brit. Mus. p. 26.

Vespertilio calcaratus. Wagn. Schreber Säugth. Suppl. B. V. S. 763. Note 1.

Romicia calcarata. Wagn. Schreber Säugth. Suppl. B. V. S. 763. Note 1.

Gray ist bis jetzt der einzige Zoolog, der diese Art beschrieben hat. Er betrachtet dieselbe für den Repräsentanten einer besonderen Gattung, für welche er den Namen „*Romicia*“ in Vorschlag brachte und die auch Berechtigung zu verdienen scheint.

Über die Körpergrösse dieser Art hat er uns leider keinen Aufschluss gegeben und uns nur nachstehende Merkmale derselben mitgetheilt.

Die Backen sind angeschwollen und die Schnauze ist von einer Grube ausgehöhlt, an deren Vorderseite sich die auf der Oberseite der Schnauze liegenden kleinen eiförmigen Nasenlöcher öffnen, von denen jedes in einer länglichen, von einem schneidigen Rande umgebenen Vertiefung liegt, die mit der entgegengesetzten nach rückwärts zu convergirt und sich mit derselben vereinigt. Am Kinne befinden sich jederseits zwei kleine Warzen und eine grosse vorne auf der Kehle. Die Ohren sind seitlich gestellt, von einander getrennt und gerundet. Die Ohrklappe ist verlängert, länglich und stumpf. Die Schenkelflughaut ist von regelmässigen Muskelbündeln durchzogen. Die Sporen sind sehr lang, $^2/_3$ der Länge des Randes der Schenkelflughaut einnehmend und sind an der Wurzel ihres Aussenrandes

von einem Hautlappen umsäumt, während das letzte Drittel der Schenkelflughaut durch ein starkes Muskelband gestützt wird.

Die Oberseite des Körpers ist braun und grau überflogen, da die braunen Haare in graue Spitzen endigen. Die Unterseite ist weisslich, wobei die braunen Haare in längere weissliche Spitzen ausgehen. Die Flügel sind schwarz.

Vaterland. Unbekannt.

Das britische Museum zu London ist das einzige in Europa, das ein Exemplar dieser Art besitzt.

41. Gatt.: **Furie** (**Furia**).

Der Schwanz ist mittellang und vollständig von der Schenkelflughaut eingeschlossen. Der Daumen ist bis an die Kralle von der Flughaut umhüllt. Die Ohren sind weit auseinander gestellt, mit ihrem Aussenrande nicht bis gegen den Mundwinkel verlängert und lang. Die Sporen sind von einem Hautlappen umsäumt? Die Flügel reichen bis an die Zehenwurzel? Die Zehen der Hinterfüsse sind dreigliederig und von einander getrennt? Die Schnauze ist von keiner Grube ausgehöhlt und die Nasenlöcher liegen an der Vorderseite derselben unterhalb der Schnauzenspitze. Im Oberkiefer sind jederseits 2, im Unterkiefer 3 Lückenzähne vorhanden, Backenzähne befinden sich in beiden Kiefern jederseits 3. Die Vorderzähne des Oberkiefers sind auch im Alter bleibend.

Zahnformel: Vorderzähne $\frac{4}{6}$, Eckzähne $\frac{1-1}{1-1}$, Lückenzähne $\frac{2-2}{3-3}$, Backenzähne $\frac{3-3}{3-3}$, $= 36$.

1. **Die schwarze Furie** *(Furia horrens)*.

F. Plecoti auriti magnitudine; rostro simo truncato pilis sat longis rigidis obtecto, naribus anticis protuberantia circumdatis et per eam diremtis; labiis integris, superiore in lateribus verrucis 4—5, inferiore infra 8 albis obtectis; oculis magnis e pilis rigidis rostri protuberantibus; auriculis magnis fere tam longis quam latis amplis, in marginibus integris; trago tricuspidato. cuspidibus cruciatim dispositis; pollice antipedum ad unguiculos

usque patagio involuto; patagio anali lato, pedes exsuperante postice acuto; cauda mediocri, apicem versus sensim attenuata, tota patagio anali inclusa; corpore pilis sat brevibus mollibus dense vestito; notaeo gastraeoque unicoloribus nigro-fuscis.

Furia horrens. Fr. Cuv. Mém. du Mus. V. XVI. p. 150. t. 9. f. 1—5.
Vespertilio Furia. Fisch. Synops. Mammal. p. 552. Nr. 25. a.
Furia horrens. Wagler. Syst. d. Amphib. S. 13.
Furipterus horrens. Bonaparte. Mscpt.
Furia horrens Temminck. Monograph. d. Mammal. V. II. p. 264.
" " Gray. Magaz. of Zool. and Bot. V. II. p. 496.
" " Wagn. Schreber Säugth. Suppl. B. I. S. 549. Nr. 1.
" " Wagn. Schreber Säugth. Suppl. B. V. S. 782. Nr. 1.
" " Giebel. Säugeth. S. 926.

Fr. Cuvier hat diese merkwürdige und durch die ihr zukommenden Merkmale höchst auffallende Form zuerst beschrieben und auch abgebildet und dieselbe für den Typus einer besonderen Gattung erklärt, welche er mit dem Namen „*Furia*" bezeichnete, eine Benennung, welche Prinz Bonaparte mit dem Namen „*Furipterus*" vertauschen zu sollen glaubte, weil der Name „*Furia*" schon von Linné für eine Gattung aus einer anderen Thierclasse, die jedoch seither aufgelassen worden ist, angewendet worden war.

Sie gehört den kleineren Formen in der Familie an und ist mit unserer gemeinen Löffelfledermaus *(Plecotus auritus)* von gleicher Grösse.

Die Schnauze ist eingebogen, abgestutzt und mit ziemlich langen steifen Haaren bedeckt. Die Nasenlöcher stehen an der Vorderseite der Schnauze und sind durch einen Wulst, der sie umgibt, getrennt. Die Lippen sind ganzrandig und die Oberlippe ist an den Seiten mit 4—5, die Unterlippe auf ihrer Unterseite mit 8 weissen Warzen besetzt. Die Augen sind gross und vorspringend, und treten aus den starren Haaren hervor, welche sie allenthalben umgeben. Die Ohren sind gross, fast ebenso

lang als breit, weit geöffnet und an ihren Rändern mit keiner Ausrandung versehen. Die Ohrklappe ist dreispitzig mit in's Kreuz gestellten Spitzen. Der Daumen der vorderen Gliedmassen ist bis an die Kralle von der Flughaut umhüllt. Die Schenkelflughaut ist breit, über die Füsse hinausragend und endiget in einen nach hinten gerichteten spitzen Winkel. Der Schwanz ist mittellang, allmählig gegen die Spitze zu verdünnt, und vollständig von der Schenkelflughaut eingeschlossen.

Die Körperbehaarung ist ziemlich kurz, dicht und weich.

Die Färbung ist auf der Ober- wie der Unterseite des Körpers einfärbig braunschwarz.

Körperlänge . . . . 1″ 6‴. Nach Fr. Cuvier.
Spannweite der Flügel . . . . 6″.

Vorderzähne sind im Oberkiefer 4, im Unterkiefer 6 vorhanden, Lückenzähne im Oberkiefer jederseits 2, im Unterkiefer 3, Backenzähne in beiden Kiefern in jeder Kieferhälfte 3. Die Vorderzähne des Oberkiefers sind von gleicher Grösse und einspitzig, jene des Unterkiefers aber dreispitzig und in einen Halbkreis gestellt. Die oberen Eckzähne sind viel stärker als die unteren und mit drei Spitzen versehen, von denen die vordere und hintere klein, die mittlere aber stark und kegelförmig ist. Die unteren Eckzähne sind walzenförmig und zweispitzig, mit einer vorderen und einer hinteren Spitze.

Fischer gibt die Zahl der unteren Vorderzähne wohl nur durch einen Druckfehler irrigerweise auf 4, der Lückenzähne auf 1 an.

Vaterland. Mittel-Amerika, Guiana, wo Leschenault de la Tour diese Art bei Mana entdeckte.

Das naturhistorische Museum zu Paris ist bis zur Stunde noch immer das einzige unter den europäischen Museen, das sich im Besitze dieser Art befindet.

XIX. SITZUNG VOM 11. JULI 1872.

Der Secretär legt folgende eingesendete Abhandlungen vor:

„Note über die Zugeordneten der Functionen X_n^m" und „Einige neue Eigenschaften der Functionen X_n^m", vom Herrn Prof. L. Gegenbauer in Krems.

„Über den Zustand gesättigter und übersättigter Lösungen", vom Herrn Prof. Dr. Al. Handl in Lemberg.

Herr Director Dr. J. Stefan überreicht eine Abhandlung: „Über die Eigenschaften der Schwingungen eines Systems von Punkten".

Herr Dr. Jos. Nowak legt eine Abhandlung: „Über den Nachweis giftiger Pflanzenstoffe bei forensischen Untersuchungen" vor.

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Accademia Olimpica di Vicenza: Atti. 1° e 2° Semestre 1871; Atti del Consiglio Academico 5 Marzo 1872. 8°.

— Gioenia di scienze naturali di Catania: Atti. Serie III^a. Tome V. Catania, 1871; 4°.

Akademie der Wissenschaften, Königl. Preuss., zu Berlin. Monatsbericht. März 1872. Berlin; 8°.

— — Königl. Bayer., zu München: Sitzungsberichte der philos.-philolog.-histor. Classe. 1871, Heft V & VI; 1872, Heft I. München, 8°.

Astronomische Nachrichten. Nr. 1895—1896. (Bd. 79, 23—24.) Altona, 1872; 4°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXIV, Nr. 26. Paris, 1872; 4°.

Gesellschaft, österr., für Meteorologie: Zeitschrift. VII. Band, Nr. 13. Wien, 1872; 4°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXIII. Jahrgang, Nr. 27—28. Wien, 1872; 4°.

Istituto, R., Veneto di Scienze, Lettere ed Arti: Atti. Tomo I°. Serie IV^a, Disp. 6^a. Venezia, 1871—72; 8°.

Landbote, Der steirische. 5. Jahrgang, Nr. 14. Graz, 1872; 4°.

Lanzillo, Vincenzo, Navigazione atmosferica con un aerostato-battello-vapore. Torino, 1872; kl. 4°.

Lotos. XXII. Jahrgang, Mai 1872. Prag; 8°.

Nature. Nr. 140, Vol. VI. London, 1872; 4°.

Osservatorio del R. Collegio Carlo Alberto in Moncalieri: Bullettino meteorologico. Vol. VI, Nr. 6. Torino, 1872; 4°.

Respighi, Lorenzo, Osservazione dell' eclisse totale del 12 Decembre 1871 a Poodoocottah nell'Indostan. Roma, 1872; 4°. — Sulla Nota del prof. P. Secchi intitolata: Sull' ultima eclisse del 12 Dicembre 1871. 4°.

„Revue politique et littéraire“ et „La Revue scientifique de la France et de l'étranger“. 2me Année, (2e Série) Nr. 1. Paris & Bruxelles, 1872; 4°.

Scarenzio, Pietro, Giuseppe Belli. Commemorazione. Pavia, 1872; 8°.

Société Entomologique Belge: Annales. Tomes I—XIV. Bruxelles, 1857—1871; 8°.

— Malacologique de Belgique: Annales. Tomes I—V, Années 1863—1870. Bruxelles; 8°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXII. Jahrgang, Nr. 27. Wien, 1872; 4°.

Zeitschrift des österr. Ingenieur- & Architekten-Vereins. XXIV. Jahrgang, 9. Heft. Wien, 1872; 4°.

XX. SITZUNG VOM 18. JULI 1872.

Der Secretär legt folgende eingesendete Abhandlungen vor:

„Über Kieselsäurehydrate", vom Herrn Prof. Dr. J. Gottlieb in Graz.

„Untersuchungen aus Prof. Lieben's Laboratorium an der k. k. Universität zu Prag, und zwar:

1. „Berichtigung einiger falscher Angaben über Entstehung von Chloroform", vom Herrn Ag. Bělohoubek;
2. „Analyse eines als Hüttenproduct erhaltenen Magneteisensteins", vom Herrn Ottomar Völker;
3. „Analyse eines neuen Minerals, des Syngenits aus Kalusz" von demselben;
4. „Analyse des Epidots aus dem Untersulzbachthale in Salzburg", vom Herrn Franz Kottal.

Herr Hauptmann J. Gleissner zu M.-Weisskirchen berichtet mit Schreiben vom 21. Juni über einen an einem gemeinen Hasen *(Lepus timidus)* beobachteten Defect des Gehörorgans.

Herr Director Dr. J. Stefan legt eine Abhandlung des Herrn Dr. L. Boltzmann in Graz: „Über das Wirkungsgesetz der Molecularkräfte" vor.

Der klinische Vorstand, Herr Dr. L. v. Schrötter, überreicht eine Abhandlung, betitelt: „Beobachtungen über Bewegung der Trachea und der grossen Bronchien mittelst des Kehlkopfspiegels".

Der Generalsecretär A. v. Schrötter legt einen Nachtrag zu der in der Sitzung vom 16. Mai gemachten Mittheilung über ein zweckmässiges Verfahren zur Gewinnung des Tellurs aus der Tellurschliche von Nagyág vor.

In der Gesammtsitzung am 20. Juli wurden folgende eingesendete Abhandlungen vorgelegt:

„Studien zur Physiologie des Herzens und der Blutgefässe. II. Abhandlung: „Über reflectorische Beziehungen des Magens zu den Innervationscentren für die Kreislauforgane“, von den Herren Dr. Sigm. Mayer und Dr. Alfr. Přibram, Privatdocenten in Prag.

„Beobachtungen und Reflexionen über den Bau und die Verrichtungen des sympathischen Nervensystems“, vom Herrn Dr. Sigm. Mayer.

„Über den Einfluss des Halsmarkes auf die Schlagzahl des Herzens“, vom Herrn Dr. Philipp Knoll, Privatdocenten in Prag.

„Über die Veränderungen des Herzschlages bei reflectorischer Erregung des vasomotorischen Nervensystems, sowie bei Steigerung des intracardialen Druckes überhaupt“, von demselben.

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Akademie, Südslavische, der Künste und Wissenschaften. Rad. Knjiga XX. U Zagrebu, 1872; 8⁰. — *Monumenta spectantia historiam Slavorum meridionalium. Vol. III.* U Zagrebu, 1872; 8⁰.

Apotheker-Verein, allgem. österr.: Zeitschrift. 10. Jahrgang, Nr. 20. Wien, 1872; 8⁰.

Bibliothèque Universelle et Revue Suisse: Archives des Sciences physiques et naturelles. N. P. Tome XLIV*, Nr. 174. Génève, Lausanne & Paris, 1872; 8⁰.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXV, Nr. 1. Paris, 1872; 4⁰.

Geschichte der Wissenschaften in Deutschland. Neuere Zeit. XI. Bd. Geschichte der Technologie von Karl Karmarsch. München, 1872; 8⁰.

Gesellschaft, geographische, in Wien: Mittheilungen. Bd. XV (neuer Folge V), Nr. 6. Wien, 1872; 8⁰.

Journal für praktische Chemie, von H. Kolbe. N. F. Band V, 10. Heft. Leipzig, 1872; 8⁰.

Loisel, Achille, Procédé appliqué pour remédier au bégaiement et à tous vices de prononciation. Rouen, 1872; 8⁰.

Lotos. XXII. Jahrgang. Juni 1872. Prag; 8⁰.

Nature. Nr. 141, Vol. VI. London, 1872; 4⁰.
Peabody Institute: Fifth Annual Report. Juni 6. 1872. Baltimore; 8⁰.
„Revue politique et littéraire" et „La Revue scientifique de la France et de l'étranger". IIᵉ Année (2ᵉ Série), Nr. 2. Paris & Bruxelles 1872; 4⁰.
Société Impériale des Naturalistes de Moscou: Bulletin. Année 1872. Tome XLV, Nr. 1. Moscou; 8⁰.
— Botanique de France: Bulletin. Tome XVIIIᵉ (1871). Comptes rendus 3; Revue bibliographique. D. Paris; 8⁰.
Wiener Medizin. Wochenschrift. XXII. Jahrgang, Nr. 28. Wien, 1872; 4⁰.

SITZUNGSBERICHTE

DER

AISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

LXVI. Band.

ERSTE ABTHEILUNG.

8.

Enthält die Abhandlungen aus dem Gebiete der Mineralogie, Botanik, Zoologie, Geologie und Paläontologie.

XXI. SITZUNG VOM 10. OCTOBER 1872.

Der Präsident begrüsst die anwesenden Mitglieder bei Wiederbeginn der akademischen Sitzungen.

Derselbe gedenkt ferner des während der Ferien erfolgten Ablebens der wirklichen Mitglieder, des Herrn Dr. Joseph Ritter von Bergmann, gestorben am 29. Juli in Graz, und des Herrn Hofrathes Dr. George Phillips, gestorben am 6. September zu Aigen bei Salzburg.

Sämmtliche Anwesende geben ihr Beileid durch Erheben von den Sitzen kund.

Herr Freiherr Conrad v. Eybesfeld zeigt, mit Note vom 6. August, seinen Amtsantritt als k. k. Statthalter in Niederösterreich an.

Das k. k. Ministerium des Innern übermittelt, mit Note vom 23. August, die graphischen Nachweisungen über die Eisbildung an der Donau und March in Niederösterreich und an der Donau in Oberösterreich während des Winters 1871/2.

Der Secretär bringt folgende Dankschreiben zur Kenntniss der Classe:

1. Vom Herrn Dr. L. J. Fitzinger in Pest für die ihm zur ichthyologischen Durchforschung der Tátra bewilligte Subvention von 300 fl.
2. Vom Herrn Custos Dr. A. Schrauf für die ihm zur Fortsetzung der Arbeiten behufs der Herausgabe des 5. & 6. Heftes seines „Atlas der Krystallformen des Mineralreiches" bewilligte Subvention von 300 fl.
3. Vom Herrn Lecomte für die der *Société Entomologique de Belgique* und der *Société Malacologique de Belgique* zu Brüssel bewilligten Sitzungsberichte der Classe.
4. Von der k. k. Gymnasialdirection in Trebitsch für die dieser Lehranstalt bewilligten Separatabdrücke aus den Schriften der Classe.

Herr Prof. Dr. Herm. Fritz in Zürich übersendet das nun vollendete Manuscript seines „Verzeichnisses der beobachteten Polarlichter.“

Herr Prof. Dr. Rich. Heschl in Graz hinterlegt ein versiegeltes Schreiben zur Wahrung seiner Priorität der Beobachtung und Nachweisung einer sehr wichtigen Krankheits-Ursache.

Herr Prof. Dr. H. Hlasiwetz überreicht eine Abhandlung des Herrn Dr. Friedr. Hinterberger: „Über das Excretin.“

Herr Dr. Kratschmer übergibt eine Abhandlung „Über Zucker- und Harnstoffausscheidung beim *Diabetes mellitus* unter dem Einflusse von Morphium, kohlensaurem und schwefelsaurem Natron.“

Herr Prof. Dr. L. Boltzmann aus Graz legt eine Abhandlung vor, betitelt: „Weitere Studien über das Wärmegleichgewicht unter Gasmolecülen.“

Derselbe überreicht ferner eine vorläufige Mittheilung: „Experimentaluntersuchung über das Verhalten nicht leitender Körper unter dem Einflusse elektrischer Kräfte.“

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Academia, Real, de Ciencias medicas, fisicas y naturales de la Habana: Anales. Tomo V—VIII. (1868—1871); Tomo IX, Junio & Julio 1872. Habana; 8º. — Flora Cubana. Sign. 21—28. 8º. — Aniversario undecimo de la Real Acad. de Ciencias med. fis. y nat. de la Habana. Resumen de sus tareas, discursos y programa de premios. Habana, 1872; 8º. — Tablas obituarias de 1871. Habana, 1872; 8º.

Annalen der Chemie, von Wöhler, Liebig & Kopp. N. R. Band LXXXVII, Heft 2 & 3. Leipzig & Heidelberg, 1872; 8º.

Annales des mines. VIIᵉ Serie. Tome I, 2ᵉ Livraison de 1872. Paris; 8º.

Apotheker-Verein, allgem. österr.: Zeitschrift. 10. Jahrgang, Nr. 21—28. Wien, 1872; 8º.

Astronomische Nachrichten. Nr. 1897—1905. (Bd. 80. 1—9.) Altona, 1872; 4º.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXV, Nrs. 2—13. Paris, 1872; 4º.

Dozy, F., et **J. H. Molkenboer**, *Bryologia Javanica seu descriptio Muscorum frondosorum Archipelagi Indici iconibus illustrata. (Post mortem auctorum edentibus R. B. Van den Bosch et C. M. Van der Sande Lacoste.) Fasc. I—LXIV. Lugduni Batavorum, 1854—1870*; 4°.

Geschichte der Wissenschaften in Deutschland. Neuere Zeit. XII. Band. Geschichte der Zoologie bis auf Joh. Müller u. Charl. Darwin, von J. Victor Carus. München, 1872; 8°.

Gesellschaft der Wissenschaften, k., zu Göttingen: Abhandlungen. XVI. Band. (1871). Göttingen, 1872; 4°. — Gelehrte Anzeigen, 1871, Bd. I & II. 8°. — Nachrichten aus d. J. 1871. Göttingen; 8°.

— geographische, in Wien: Mittheilungen. Band XV. (Neuer Folge V.) Nr. 7—9. Wien, 1872; 8°.

— österr., für Meteorologie: Zeitschrift. VII. Band, Nr. 14—17. Wien, 1872; 4°.

— Astronomische, in Leipzig: Vierteljahrsschrift. VII. Jahrgang, 3. Heft. Leipzig, 1872; 8°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXIII. Jahrg. Nr. 29—40. Wien, 1872; 4°.

Instituut, k., voor de taal-, land- en volkenkunde van Nederlandsch Indië: Bijdragen. III. Volgreeks VI. Deel, 3. Stuk. 's Gravenhage, 1872; 8°.

Jahrbuch, Neues, für Pharmacie & verwandte Fächer, von Vorwerk. Band XXXVII, Heft 5 & 6; Band XXXVIII, Heft 1. Speyer, 1872; 8°.

Journal für praktische Chemie, von H. Kolbe, N. F. Band VI, 1. & 2. Heft. Leipzig, 1872; 8°.

Landbote, Der steirische. 5. Jahrgang, Nr. 15—20. Graz, 1872; 4°.

Landwirthschafts-Gesellschaft, k. k., in Wien: Verhandlungen und Mittheilungen. Jahrgang 1872, Nr. 16 bis 19. Wien; 8°.

Löwen, Universität, akademische Gelegenheitsschriften aus d. J. 1869—1871; 4°, 8° & 12°.

Mittheilungen aus J. Perthes' geographischer Anstalt. 18. Band, 1872. Heft VII & VIII, nebst Ergänzungsheft Nr. 33. Gotha; 4°.

Moniteur Scientifique par Quesneville. 3e Serie, Tome II, 367e—370e Livraisons. Paris, 1872; 4°.

Nature. Nrs. 142—153, Vol. VI. London, 1872; 4°.

Reichsanstalt, k. k. geologische: Jahrbuch. Jahrgang 1872. XXII. Band, Nr. 2. Wien; 4°. — Verhandlungen. Jahrgang 1872, Nr. 10—12. Wien; 4°.

„Revue politique et littéraire“, et „La Revue scientifique de la France et de l'étranger“. IIe Année, 2e Série, Nrs. 3—14. Paris et Bruxelles, 1872; 4°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXII. Jahrgang, Nr. 29—40. Wien, 1872; 4°.

Zeitschrift für Chemie, von Beilstein, Fittig u. Hübner. XIV. Jahrgang. N. F. VII. Band, 24 Heft. Leipzig, 1872; 8°.

— des oesterr. Ingenieur- & Architekten-Vereins. XXIV. Jahrgang, 10.—12. Heft. Wien, 1872; 4°.

XXII. SITZUNG VOM 17. OCTOBER 1872.

Herr Prof. Dr. Ernst Haeckel in Jena dankt mit Schreiben vom 12. October für seine Wahl zum ausländischen, und Herr Dr. Jul. Hann, mit Schreiben vom 9. October, für seine Wahl zum inländischen correspond. Mitgliede der Classe.

Herr Prof. Dr. E. Mach in Prag übersendet eine Abhandlung: „Über die stroboskopische Bestimmung der Tonhöhe."

Derselbe übersendet ferner zwei von ihm, in Gemeinschaft mit Herrn Dr. J. Kessel ausgeführte Arbeiten, und zwar: 1. „Die Function der Trommelhöhle und der *Tuba Eustachii*"; und 2. „Versuche über die Accomodation des Ohres."

Herr Otto Herman, ehem. Custos am siebenbürgischen Landes-Museum in Szász-Vesszös in Siebenbürgen, übermittelt eine Abhandlung, betitelt: „Das edle siebenbürgische Pferd. — Eine Berichtigung des betreffenden Artikels in M. Dr. Leop. Jos. Fitzinger's „„Versuch über die Abstammung des zahmen Pferdes und seiner Raçen.""

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Accademia delle Scienze dell'Istituto di Bologna: Memorie. Serie III. Tomo I., fasc. 1—4; Tomo II., Fasc. 1. Bologna 1871 & 1872; 4° — Indici generali dei dieci tomi della 2da serie delle Memorie. (1862—1870.) Bologna, 1871; 4°. — Rediconto. Anno Accademico 1871—72. Bologna, 1872; 8°.

— R., delle Scienze di Torino: Atti. Vol. VII, Disp. 1^{a}—7^{a}. Torino, 1871—72; 8°. — Bollettino meteorologico ed astronomico del R. Osservatorio dell' Università di Torino. Anno VI. 1872. Quer-4°.

Akademie der Wissenschaften, Königl. Bayer., zu München: Sitzungsberichte der mathem.-physik. Classe. 1872. Heft. 2. München; 8°.

Annalen der Chemie & Pharmacie von Wöhler, Liebig & Kopp. N. R. Band LXXXVIII, Heft 1. Leipzig & Heidelberg, 1872; 8°.

Apotheker-Verein, allgem. österr.: Zeitschrift. 10. Jahrg., Nr. 29. Wien, 1872; 8⁰.

Arbeiten aus der physiologischen Anstalt zu Leipzig. VI. Jahrgang: 1871. Mitgetheilt durch C. Ludwig, Leipzig, 1872; 8⁰.

Bibliothèque Universelle et Revue Suisse: Archives des Sciences physiques et naturelles. N. P. Tome XLIVe. Nrs. 175—177. Genève, Lausanne, Paris, 1872; 8⁰.

Comitato, R., Geologico d'Italia: Bollettino. Anno 1872, Nr. 5 & 6. Firenze, 1872; gr. 8⁰.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXV, Nr. 14. Paris, 1872; 4⁰.

Essex Institute: Proceedings and Communications. Vol. VI, Part 3. 1868—71. Salem, 1871; 8⁰. — Bulletin, Vol. III. 1871. Salem, 1872; 8⁰.

Gesellschaft, Deutsche, geologische: Zeitschrift. XXIV. Bd., 1. & 2. Heft. Berlin, 1872; 8⁰.

— Naturhistorische, zu Hannover: XXI. Jahresbericht. 1870 bis 1871. Hannover, 1871; 8⁰.

— österr., für Meteorologie: Zeitschrift. VII. Band, Nr. 18—19. Wien, 1872; 4⁰.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXIII. Jahrgang, Nr. 41. Wien, 1872; 4⁰.

Istituto, R., Veneto di Scienze, Lettere ed Arti: Memorie Vol. XVI, Parte 2; Vol. XVII, Parte 1. Venezia, 1872; 4⁰. — Atti. Tomo I^{o}, Serie IV^{a}, Disp. 7^{a}—9^{a}. Venezia 1871—72; 8⁰.

Landbote, Der steirische, 5. Jahrgang, Nr. 21. Graz, 1872; 4⁰.

Mittheilungen aus J. Perthes' geographischer Anstalt. 18. Band, 1872, Heft IX. Gotha; 4⁰.

— des k. k. techn. & administr. Militär-Comité. Jahrgang 1872, 7—10. Heft. Wien; 8⁰.

— Mineralogische, gesammelt von G. Tschermak. Jahrgang 1872, Heft 2. Wien; kl. 4⁰.

Nature. Nr. 154, Vol. VI. London, 1872; 4⁰.

Observations, Astronomical and Meteorological, made at the United States Naval Observatory during the Year 1869. Washington, 1872; 4⁰. Nebst Appendix I & II. Washington, 1870 & 1872; 4⁰.

Repertorium für Experimental-Physik etc. von Ph. Carl. VIII. Band, 2. Heft. München, 1872; 8⁰.

Report of the Superintendent of the U. St. Coast Survey, during the Year 1868. Washington, 1871; 4⁰.

Report of the Commissioner of Agriculture for the Year 1870. Washington, 1871; 8°.

Reports, Monthly, of the Department of Agriculture for the Year 1871. Washington, 1872; 8°.

„**Revue** politique et littéraire" et „La Revue scientifique de la France et de l'étranger." IIme Année. 2e Série. Nr. 15. Paris & Bruxelles, 1872; 4°.

Smithsonian Institution: Annual Report, for the Year 1870. Washington, 1871; 8°.

Société Botanique de France: Bulletin. Tome XVIIe (1870). Comptes rendus 4; Tome XVIIIe (1871), Revue bibliographique E. Paris; 8°.

— des Sciences physiques et naturelles de Bordeaux: Mémoires. Tome VIII, 3me cahier. Paris & Bordeaux, 1872; 8°.

— Entomologique de France: Annales. Ve Série, Tome Ier. Paris, 1871; 8°.

— Malacologique de Belgique: Bulletin. Tome VII. Année 1872. Pag. I—LXXXII.; 8°.

— Géologique de France: Bulletin. 2e Série, Tome XXVIII. 1871, Nr. 4. Paris; 8°.

Society, The Royal, of London: Philosophical Transactions. For the Year 1870. Vol. 160, Part II; For the Year 1871. Vol. 161, Part I. London; 4°. — Proceedings. Vol. XIX. Nrs. 124—129. London, 1871; 8°. — List of Members 1870. — Catalogue of Scientific Papers (1800—1863.) Vol. V. London, 1871; 4°.

— The Chemical, of London: Journal. N. S. Vol. IX, August—December, 1871; Vol. X, January, May—July, 1872. London; 8°.

Verein, Naturwissenschaftlicher, zu Bremen: Abhandlungen. III. Band, 1. & 2. Heft. Bremen, 1872; 8°.

Vierteljahresschrift, österr., für wissenschaftl. Veterinärkunde. XXXVII. Band, 2. Heft. Wien, 1872; 8°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXII. Jahrgang, Nr. 41. Wien, 1872; 4°.

Zeitschrift des österr. Ingenieur- & Architekten-Vereins. XXIV. Jahrgang, 13. Heft. Wien, 1872; 4°.

XXIII. SITZUNG VOM 24. OCTOBER 1872.

Herr Geheimrath Dr. Hermann Helmholtz zu Berlin dankt, mit Schreiben vom 16. October, für seine Wahl zum ausländischen Ehrenmitgliede der Classe.

Herr Prof. L. Gegenbauer in Krems übersendet eine Abhandlung, betitelt: „Integralausdrücke für die Functionen Y_n^m."

Herr Dr. Peyritsch legt eine Abhandlung: „Über Pelorienbildungen" vor.

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Akademie der Wissenschaften, Königl. Preuss., zu Berlin: Monatsbericht. Mai und Juni 1872. Berlin; 8°.

Apotheker-Verein, Allgem. österr.: Zeitschrift. 10. Jahrgang, Nr. 30. Wien, 1872; 8°.

Blanford, W. T., Observations on the Geology and Zoology of Abyssinia. Made during the Progress of the British Expedition to that Country in 1867—68. London, 1870; 8°.

California Academy of Sciences: Memoirs. Vol. I, Part 1. San Francisco, 1868; 4°. — Proceedings. Vol. III, Parts 1 & 5. (1863 & 1867.); Vol. IV, Parts 2—4. (1870 & 1871). San Francisco; 8°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXV, Nr. 15. Paris, 1872; 4°.

Dudley Observatory: Annals. Vol. II. Albany, 1871; 8°.

Gesellschaft, Naturforschende, in Emden: LVII. Jahresbericht. 1871. Emden, 1872; 8°.

— allgemeine Schweizerische, für die gesammten Naturwissenschaften: Neue Denkschriften. Band XXIV. (Dritte Dekade. Bd. IV.) Zürich, 1871; 4°. — Verhandlungen. 54. Jahresversammlung. Jahresbericht 1871. Frauenfeld, 1872; 8°.

Gesellschaft, Physikal.-medicin., in Würzburg: Verhandlungen. N. F. III. Band, 1. & 2. Heft. Würzburg, 1872; 8⁰.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXIII. Jahrgang, Nr. 42. Wien, 1872; 4⁰.

Göttingen, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften aus d. J. 1869—1871. 4⁰ & 8⁰.

Henwood, William Jory, Observations on Metalliferous Deposits, and on Subterranean Temperature etc. Parts I & II. Penzance, 1871; 8⁰.

Isis: Sitzungsberichte. Jahrgang 1872, Nr. 1—3. Dresden; 8⁰.

Museum, The Geological, of Calcutta: Memoirs. *(Palaeontologia Indica.)* Ser. VI & VII. Calcutta, 1871; 4⁰. — Records. Vol. VI, Parts 3 & 4. (1871.) Calcutta; kl. 4⁰.

Nature. Nr. 155, Vol. VI. London, 1872; 4⁰.

Reichsanstalt, k. k. geologische: Verhandlungen. Jahrgang 1872, Nr. 13. Wien; 4⁰.

„**Revue** politique et littéraire“ et „La Revue scientifique de la France et de l'étranger“. IIme Année. 2e série. Nr. 16. Paris & Bruxelles, 1872; 4⁰.

***Societas**, Regia, scientiarum Upsalensis: Nova acta. Seriei III^tiae, Vol. VIII, Fasc. I. 1871. Upsaliae; in 4⁰.* — Bulletin météorologique mensuel de l'Observatoire de l'Université d'Upsal. Vol. I, Nrs. 1—12; Vol. II, Nrs. 7—12; Vol. III, Nrs. 1—12. Upsal, 1871; 4⁰.

Société Impériale des naturalistes de Moscou: Bulletin. Année 1872. Tome XLV, 1re Partie. Moscou, 1872; 8⁰.

— Linnéenne du Nord de la France: Mémoires: Années 1868 & 1869. Amiens, 1870; 8⁰. — Bulletin mensuel. Nrs. 1—4. Juillet—Octobre 1872. Amiens; 8⁰.

Society, The American Philosophical: Transactions. Vol. XIV. N. S. Part III. Philadelphia, 1871; 4⁰. — Proceedings, Vol. XII. 2. Nr. 87. Philadelphia, 1871; 8⁰.

— The Royal, of Edinburgh: Transactions. Vol. XXVI, Parts II—III. For the Session 1870—71. 4⁰. — Proceedings. Session 1870—71. Vol. VII, Nrs. 82—83; 8⁰.

Upsala, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften aus d. J. 1871/2. 4⁰ & 8⁰.

Verein, naturhistorischer, der preuss. Rheinlande und Westphalens: Verhandlungen. XXVIII. Jahrgang. (Dritte Folge: 8. Jahrgang) I. & II. Hälfte. 1871; XXIX. Jahrgang. (Dritte Folge: 9. Jahrg.) I. Hälfte. 1872. Bonn; 8°.

— für Erdkunde zu Dresden: VIII. und IX. Jahresbericht. Dresden, 1872; 8°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXII. Jahrgang, Nr. 42. Wien, 1872; 4°.

Über Pelorienbildungen.

Von Dr. J. Peyritsch.

(Mit 6 Tafeln.)

In einer Abhandlung über Pelorienbildungen bei Labiaten habe ich den Versuch gemacht eine Regel aufzustellen, nach welcher man bei einer gegebenen zygomorphen Labiatenblüthe die in der Natur vorkommende Pelorie construiren kann. Es hat nämlich die Beobachtung einer grossen Zahl von Pelorien verschiedener Labiaten ergeben, dass übereinstimmend mit den normalen regelmässigen Blüthen der *Mentha aquatica* die ausnahmsweise auftretenden Pelorien anderer Labiaten weitaus in den meisten Fällen mit vierzähligen Blüthenblätterwirteln (Kelch, Corollen und Staubgefässwirtel) versehen sind, und dass in den letzteren im Allgemeinen jenes Wirtelglied der zygomorphen Blüthe vertreten ist, welches in den äusseren Umrissen die einfachste, am wenigsten gegliederte Form und geringste Ausbildung zeigt [1].

Meine seither an *Ballota nigra* und *Micromeria microcalyx* gemachten Erfahrungen stehen mit den früheren vollkommen in Einklang. Die angeführte Regel bietet nur in den Fällen keinen Aufschluss, wenn in der zygomorphen Blüthe einzelne Wirtelglieder ganz verkümmern und andere dafür mit auffallenden Structureigenthümlichkeiten versehen sind, wie diess beim Staubgefässwirtel der Blüthen von *Salvia* der Fall ist; die Staubgefässe der pelorischen Blüthe erscheinen dann häufig nicht in jener Ausbildung, sei es des sterilen oder fertilen Gliedes, die für die Gattung characteristisch ist. Die Pelorien von *Salvia grandiflora*, welche ich im hiesigen botanischen Garten beobachtet habe, bieten

[1] Man vergleiche meine Abhandlung: „Über Pelorien bei Labiaten, II. Folge“ in den Sitzb. d. Wien. Akad. math.-naturw. Cl. Nov.-Heft 1870.

ein bemerkenswerthes Beispiel in dieser Hinsicht. Der Bau der Staubgefässe möge eingehend besprochen werden.

Bei der Gattung *Salvia* sind bekanntlich die zwei vorderen Staubgefässe allein fruchtbar, die zwei hinteren (seitlichen der Autoren) sind zu kleinen Staminodien umgewandelt. Die fertilen Staubgefässe haben ein ausserordentlich langes Connectiv, das nach Art eines zweiarmigen Hebels dem Filamente eingelenkt ist. Der lange, unmittelbar vor der Oberlippe stehende Arm trägt das eine Fach der Anthere, während der zweite meistens unfruchtbare und bisweilen mit einer löffelförmigen Verbreiterung endigende Arm nach vorne und unten gerichtet ist und von der Blumenkronröhre eingeschlossen wird. Durch eine eigenthümliche Verbindung mit dem Filamente kommt jene merkwürdige Einlenkung zu Stande, die nach Art der Winkelgelenke den beiden Armen eine freie Beweglichkeit nach vorn und hinten gestattet, während die seitliche ausgeschlossen ist. Mittelst dieser Einlenkung ist es den Insecten möglich, den Pollen beim Aufsuchen des Nectars im Grunde der Blumenhöhle auf den eigenen Rücken abzuladen, um ihn dann beim Weiterschwärmen verschiedenen Narben abzugeben.

Die Staubgefässe der Pelorien der *Salvia grandiflora* zeigen keine derartigen Einrichtungen. Es sind alle vier Staubgefässe gleichartig entwickelt, jedes derselben trägt zwei parallel stehende, durch ein nicht sehr verbreitertes Connectiv mit einander verbundene Antherenfächer, deren Form nicht erheblich von der anderen Pelorien zukommenden Antheren abweicht. Der auf dem Bau der Staubgefässe zygomorpher Blüthen beruhende Gattungscharacter ist bei den Pelorien verloren gegangen.

In Anbetracht einer grossen Zahl von Fällen, die alle nach demselben gemeinsamen Plane gebaut sind, wird man geneigt, der Annahme jener Botaniker beizutreten, welche die Pelorien nicht als zufällig erscheinende Bildungen, sondern dieselben vielmehr als Nachahmungen ausgestorbener Typen betrachten, die allerdings nur unter besonderen günstigen äusseren Umständen auftreten [1]. Bei den Labiaten kann eine Reihe von Gründen dafür

---

[1] Der Pelorismus wurde schon von Cassini als Rückkehr zum ursprünglichen Typus erklärt. Man vergl. dessen Opusc. phyt. Paris (1826)

angeführt werden, die ich im Zusammenhange erörtern werde. Die Mehrzahl derselben hat auch für die Pelorienbildungen der Verbenaceen, Scrofularineen, Gesneraceen und anderer Familien, bei denen zygomorphe Blüthen vorkommen, Geltung. Es mögen aber nur die ersteren Familien in Betreff der Pelorienbildungen mit einander verglichen werden. Um für die folgenden Besprechungen eine sichere Grundlage zu gewinnen, berücksichtige ich vor Allem nur die rein typisch gebauten Pelorien und werde Übergangsbildungen von zygomorphen Blüthen zu Pelorienbildungen und Monstrositäten der letzteren nur nebenbei erwähnen.

Es dürfte kaum einem Zweifel unterliegen, dass die ausgestorbenen Typen der Labiatenblüthen in Zahl der Blüthentheile der ersten drei Blüthenblätterwirtel mit jenen der recenten zygomorphen Blüthen nicht übereinstimmten. Von den Blüthenblätterwirteln der zygomorphen Blüthe ist nur der Staubblätterwirtel viergliederig, während der Kelch in den meisten Fällen aus fünf Segmenten, seien diese nun Lappen oder Zähne, die Corolle aus vier Segmenten, wenn die Oberlippe ungetheilt ist, sonst aber gewöhnlich aus fünf Segmenten zusammengesetzt erscheint. Dass bei den zygomorphen Labiatenblüthen ein *Stamen posticum* gegenwärtig nicht angelegt wird, beweist die vergleichende Morphologie, indem man bei keiner der zahlreichen Labiatengattungen je ein Rudiment eines fünften Staubgefässes beobachtet hatte [1]. Auch die Entwicklungsgeschichte zeigt Nichts von der Anlage eines fünften Staubgefässes. Nach Sachs unterbleibt

II. p. 331: je considérerai la pélorie comme un retour accidental au type primitif, dont la fleur irrégulière est une altération habituelle. Man vergl. auch DC. Organogr. végét. I. p. 518. Deutsche Schriftsteller, beispielsweise Bischoff (Lehrb. d. Bot. 1839 II. p. 15) betrachteten Pelorien ebenfalls nicht als eigentliche Monstrositäten, sondern als Fälle von Rückkehr zu regelmässigen Typen, wie es scheint, aber nicht in dem bestimmten Sinne der Lamarkischen Descendenztheorie. Die Hypothese, dass gelegentlich eine Rückkehr zum ursprünglichen Typus stattfinden kann, schliesst nothwendig die der Unveränderlichkeit der Pflanzenart aus.

[1] Man vgl. Endl. gen. pl. p. 617 u. Benth. in DC. Prod. XII, p. 28: „Stamen supremum omnino abortivum vel rarissime in floribus monstrosis rudimentarium.“

bei *Lamium album* die erste Anlage des fünften Staubgefässes ganz[1] und wenn auch Payer den Staubgefässwirtel der Labiatenblüthen aus fünf Gliedern zuammengesetzt betrachtet, von denen die zwei vorderen Staubgefässe zuerst auftreten, die zwei seitlichen dann folgen, während das fünfte zuletzt erscheinen soll, so kann man doch in den Abbildungen, die er gibt, keine Spur der Anlage eines fünften Staubgefässes auffinden[2]. Mit Recht bemerkt Sachs, dass die Annahme des Abortus nur in Hinsicht auf die Descendenztheorie eine wissenschaftliche Berechtigung habe[3]. Nimmt man den Staubblätterwirtel dem fünfgliederigen Typus der Blüthe entsprechend theoretisch als fünfgliedrig an, so ist damit eo ipso ausgesprochen, dass die ausgestorbenen Typen mit einem wirklich fünfzähligen Staubblätterwirtel versehen waren. Es ist jedoch auch der Fall denkbar, dass der Staubblätterwirtel von jeher 4gliedrig gewesen sei, dann aber haben Veränderungen in der Zahl der Blüthentheile des Kelch- und Corollenwirtels stattgefunden, wenn man von der Annahme ausgeht, dass die ersten drei Blüthenblätterwirtel ursprünglich aus einer gleichen Zahl von Theilen zusammengesetzt waren.

Welche von den Annahmen hat die grössere Wahrscheinlichkeit für sich?

Wie bereits zuvor erwähnt worden ist, kommen bei Labiaten niemals, weder bei dichogamen noch cleistogamen Blüthen, normal fünfgliedrige Staubgefässwirtel vor und nur selten zeigen sich Abweichungen von der Vierzahl der Staubgefässe, indem dann nur zwei (meist die vorderen) fertil sich ausbilden, während die übrigen zwei zu kleinen Staminodien verkümmern oder ganz abortiren. Im Kelch und Corollenwirtel hingegen herrscht eine grosse Mannigfaltigkeit der Lappung bei den verschiedenen Gattungen. Beim Kelch sind zuweilen nur vier Lappen ausgebildet, bisweilen erscheint er mit nahezu ungetheiltem Saume, in der Mehrzahl der Fälle sind fünf Segmente erkennbar, in ein-

---

[1] Sachs, Lehrbuch der Botanik 1870. 2. Auflage. p. 451.

[2] Payer, Traité d'organogénie comparée de la fleur. Texte p. 553, Atlas Pl. CXIV.

[3] Sachs a. a. O. p. 451.

zelnen Fällen sogar zehn. Dieselbe Variabilität erscheint bei der Corolle, bei welcher entweder nur vier Lappen, in anderen Fällen fünf, zuweilen aber auch, wenn der Mittellappen der Unterlippe eine tiefer gehende Ausrandung zeigt, sechs Lappen sich entwickeln [1]. Sehr häufig, selbst bei nur geringfügigen Anomalien, findet man Abweichungen von der Norm in der Zahl der Kelch- und Corollensegmente. Bei einer *Galeopsis versicolor*, deren Blüthen mit einem 4gliedrigen Staubgefässwirtel versehen waren, war der Kelch ähnlich wie bei *Ballota italica* oder *Marrubium vulgare* aus zehn (zuweilen mehr) Segmenten zusammengesetzt und die Corolle liess eine vermehrte Zahl kleiner Lappen erkennen. Bei anomalen zygomorphen Blüthenbildungen sind Abweichungen von der Vierzahl der Staubgefässe im Allgemeinen selten. Constant erscheinen vier Staubgefässe, allerdings nur atrophisirt, bei Vergrünungen, in der Regel vier Staubgefässe, wenn die Zahl der Corolleneinschnitte vermehrt ist, letztere jedoch nicht tief reichen. Nur bei tief gehenden Spaltungen beobachtet man öftere Anomalien, zumal wenn Doppel- oder Zwillingsblüthen auftreten, aber auch dann entwickelt sich selten ein *Stamen posticum*, nach meinen Beobachtungen viel häufiger ein *Stamen anticum*, das dem Typus der normalen Labiatenblüthe vollkommen fremd ist [2]. Ist die Zahl der Corolleneinschnitte vermindert, so erscheinen weniger als vier Staubgefässe. An einer Blüthe von *Galeobdolon luteum*, bei welcher die Unterlippe einlappig war, beobachtete ich nur zwei Staubgefässe; die Blüthen derselben Art tragen drei Staubgefässe, wenn die Unterlippe nur zweilappig ist, das vorn stehende dritte Staubgefäss ist dann das längste von allen. Zeigt die Unterlippe drei tiefe Einschnitte, so erscheinen fünf Staubgefässe, dem entsprechend beobachtet man auch fünf Staubgefässe, wenn die Oberlippe sich theilt. Es liegt im Typus zygomorpher Labiatenblüthen mit ungetheilter Oberlippe, so viel Glieder im Staubgefässwirtel auszubilden als die Corolle Lappen besitzt, und um eines weniger zu entwickeln als

---

[1] Benth, a. a. O.

[2] Die Oberlippe der Zwillingsblüthen ähnelt der normaler Blüthen. Ich erwähnte einiger Fälle in einer Abhandlung über Pelorien bei Labiaten.

im Kelchwirtel Glieder vorhanden sind, mögen nun die Kelch- und Corollensegmente vermehrt oder vermindert sein. Wie viel Glieder des Staubgefässwirtels sollen nach der Aborttheorie in einer streng symmetrischen Blüthe mit 2lappiger Unterlippe fehlschlagen?

Normal erscheinen bei der *Mentha aquatica* regelmässige gipfelständige Blüthen, diese sind in der Mehrzahl in den ersten drei Blüthenblätterwirteln viergliederig, somit nur vier Staubgefässe vorhanden, in Übereinstimmung damit sind die typisch 4gliederigen pelorischen Gipfelblüthen weitaus häufiger als andere Typen, was mit dem angenommenen fünfgliedrigen Typus nicht in Einklang gebracht werden kann. Pelorien mit fünfgliedrigem Typus sind nicht häufiger als solche mit sechsgliedrigem Typus, sehr selten sind zwei- und dreigliedrige Typen. Von den Fällen, bei welchen Kelch, Corollen und Staubgefässwirtel der Pelorien nicht aus derselben Zahl von Theilen bestehen, sind jene die häufigsten, die einen 4lappigen Kelch besitzen. Man kann allerdings den Einwand erheben, dass die Zahl der Wirtelglieder der Gipfelblüthe durchaus keinen Schluss zulässt auf jene der seitenständigen Blüthen, wie ja beispielsweise die Centralblüthe bei *AdoxaMoschatellina* einerseits und die übrigenBlüthen andererseits nicht aus gleichzähligen Blüthenkreisen bestehen. Es sind aber die seitenständigen Pelorien der Labiaten auch vorwiegend 4gliedrig und bei *Lycopus europaeus* findet man fast an jedem Exemplar 4gliederige Blüthen, von welchen sich die übrigen nur durch die Anwesenheit eines fünften (accessorischen) Kelchzahns unterscheiden. In allen Fällen stimmen mit der 4gliedrigen pelorischen Gipfelblüthe die zygomorphen Blüthen in der Zahl der Carpellblätter, der Glieder des Staubgefässwirtels, in der Zahl der Corollenlappen (bei ungetheilter Oberlippe) überein, während der Kelchwirtel allerdings in seltenen Fällen 4gliedrig ist.

Ich habe in meiner letzten Abhandlung über Pelorienbildungen bei Labiaten die Bemerkung gemacht, dass bei 4gliedrigen Kelchen gipfelständiger Pelorien zweierlei Stellungsverhältnisse zu unterscheiden sind, indem entweder die vier Kelchlappen den Blättern der Laub- oder Hochblattpaare gegenüber stehen oder mit den letzteren alterniren. Im ersten Falle ist es evident, dass die Kelchzipfel die Stellung der Laubblätter fortsetzen, es tritt erst

die Corolle bei ihrem Auftreten an der Blüthenaxe als Wirtel in einen Gegensatz zu den vorhergehenden Blättern nach dem Princip der Raumausnützung, während im zweiten Falle dieser Ge gensatz schon bei der Anlage des Kelchwirtels hervortritt. Denkt man sich die beiden Blätter eines Laubblattpaares gespalten — ich habe solche Fälle bei *Marrubium peregrinum* in allen Variationen von angedeuteter Lappung an der Spitze bis zur vollständigen Zweitheilung beobachtet — so nehmen die vier Theile eine Stellung zu den vorhergehenden Laubblättern überein, die vollständig mit jener übereinstimmt, welche die vier Kelchzipfel des zweiten Falles zu den Laub- oder Hochblättern inne halten. In diesem Sinne scheint die Stellung der einzelnen Zipfel viergliedriger Kelche gewissermassen noch die Fortsetzung der Stellung der vorhergehenden Laubblätter zu sein. Wie bei 4gliedrigen Kelchen sind auch bei 6gliedrigen zweierlei Stellungsverhältnisse zu unterscheiden, indem zwei gegenüberstehende Kelchlappen entweder dem vorletzten oder letzten Laubblatt- oder Hochblattpaare gegenüberstehen, die übrigen vier Zipfel alterniren in beiden Fällen mit den Blättern sämmtlicher Laubblattpaare. Nur wenn die Spaltung zwischen je zwei Zipfel der letzteren nicht tief reicht, steht je ein Paar dem Laubblatte gegenüber. Häufig erscheint auch bei 5gliedrigen Kelchen ein Zipfel als accessorischer. Es lassen sich somit diese Fälle auf den 4gliedrigen Typus zurückführen. Bei allen diesen Fällen lässt sich die Beziehung bezüglich der Stellung, welche die Glieder des Kelchblattwirtels zu den Laubblättern inne halten, nicht verkennen. Es frägt sich nun, welche Stellung haben früher die Laubblätter eingenommen? Bei der grossen Beharrlichkeit, mit der die kreuzweise opponirte Stellung der Laubblätter sich gegenüber den vielen Variationen und Schwankungen in Bezug auf Zahl und Stellung der Blüthenblätter bei anomalen Bildungen erhält, ist es nicht wahrscheinlich, dass diese Stellung der Laubblätter während des Zeitraums, innerhalb dessen eine Veränderung in der Zahl und Form der Blüthenblätter stattgefunden haben mochte, sich geändert habe, zumal aus einer complicirteren Stellung hervorgegangen sei. Allerdings ist auch, abgesehen von den Fällen, wo dreigliedrige Laubblattwirtel normal vor-

kommen, die kreuzweis opponirte Stellung der Blätter nicht immer absolut constant[1].

Es ist demnach eine Thatsache, dass bei den Labiaten, mögen es normale oder abnorme Bildungen sein, die Zahl der Staubgefässe seltener Variationen unterliegt, als die Zahl der Kelch- und Corollensegmente, und dass in abnormen Fällen vorwiegend häufig viergliedrige Blüthenblätterwirtel auftreten. Fand somit eine Differenz in der Zahl der Blüthentheile der ausgestorbenen und recenten Typen statt, so dürfte das Vorkommen von zwei- oder zweimal zweigliedrigen Blüthenblätterwirteln jenem Zahlenverhältnisse entsprechen, das bei den früheren Typen unter den verschiedenen möglichen Fällen die meiste Wahrscheinlichkeit für sich in Anspuch nimmt. Die Vierzahl der Staubgefässe, die sich bei den zygomorphen Labiatenblüthen vorfindet, würde dem

---

[1] Man vergl. Benth. Labiat. gen. et Sp. p. 113, und Th. Irmisch: Beiträge zur vergl. Morphologie, 2. Abtheilung. Halle 1856, p. 23. Irmisch erwähnt daselbst der Fälle mit alternirender Blattstellung, solche kommen zumal in der Region des Blüthenstandes zuweilen normal vor. — Eine abnorme Anordnung der Blätter kann durch Spaltung eines oder beider Blätter von Laubblattpaaren zu Stande kommen, in solchen Fällen steht je ein Paar auf einer Seite des 4kantigen Stengels, wie ich diess im erwähnten Falle bei *Marrubium peregrinum* beobachtet habe. Alternirend kann hie und da die Blattstellung werden, wenn der Compagnon des einen Blattes fehlt. Bei abnormer Verbreiterung des Stengels treten mehrgliederige Laubblattwirtel auf, so an einem von mir an *Stachys annua* beobachteten Falle. Fasciation des Stengels wurde von Moquin-Tandon an *Hyssopus officinalis* und *Ajuga pyramidalis* (Pflanzenteratologie, übers. von Schauer, p. 133 et fg.) beobachtet; Masters erwähnt eines solchen Falles bei *Dracocephalum moldavica* (Veget. Teratolog. p. 20). Wie die Blätter in diesen Fällen sich verhielten, ist mir nicht bekannt. Bei einer interessanten, von DC. (Organogr. végét. I, p. 155; II, pl. 36) beschriebenen Anomalie von *Mentha aquatica* war der Stengel verbreitert, spiralförmig gewunden, und die Blätter standen einerseitswendig; einen interessanten Fall von abnormer Blattstellung bei *Mentha piperita* hat auch Fuhlrott beschrieben (Verhandl. der naturhist. Vereins für die preuss. Rheinlande 1845, Vol. II, p. 65 et fg.). Bei einer *Salvia*-Art beobachtete Steinheil (Ann. Sc. nat. II, Ser. XIX, p. 321), dass durch Verwachsung der entgegengesetzten Blätter die Blattstellung alternirend wurde. Alle diese Fälle sind monströse, sehr selten vorkommende Bildungen, und es nicht anzunehmen, dass sie Nachahmungen früherer Typen darstellen.

Zahlenverhältnisse der Staubblätter älterer Typen entsprechen, und letzteres würde bei den Veränderungen, welche der Kelch und Corollenwirtel in Zahl und Form seiner Theile erlitten, unwandelbar geblieben sein. Nimmt man jedoch an, dass der ursprüngliche Typus der Labiatenblüthe nach 4gliedrigem Typus gebaut gewesen sei, und folglich Blüthen mit 5gliedrigem Kelch und Corollenwirtel später aufgetreten seien, so ist es nicht auffallend, dass bei Rückschlägen häufig Zwischenformen mit wechselnder Zahl der Blüthentheile auftreten. Das häufige Vorkommen gemischter Typen scheint auf Veränderungen hinzuweisen, die in den Zahlenverhältnissen der Blüthenblätter stattgefunden haben.

Bei den Labiaten erscheinen in der Regel nur gipfelständige, typisch ausgebildete Pelorien, ebenso bei *Vitex agnus castus*, der einzigen Verbenacee, an welcher ich Pelorien beobachtet habe; bei den Scrofularineen hingegen kommen ebenso häufig seitenständige als gipfelständige Pelorien vor. Ich fand gipfelständige Pelorien an zwei *Pentstemon*-Arten und bei *Digitalis purpurea*, seitenständige Pelorien bei *Digitalis lanata* und *Linaria vulgaris*. Ob bei den Scrofularineen die Blüthenblätterwirtel ursprünglich aus vier oder fünf Gliedern bestanden haben, ist nicht bei allen in gleichem Sinne zu entscheiden. Die Rhinanthaceen, die jetzt allgemein zu den Scrofularineen gestellt werden, sind fast durchgehends nach 4gliedrigem Typus gebaut, ebenso dürfte es beispielsweise bei *Veronica* keinem Zweifel unterliegen, dass auch bei dieser Gattung die ersten zwei Blüthenblätterwirtel 4gliedrig sind, womit das Vorhandensein eines fünften Staubgefässes eo ipso ausgeschlossen ist, jene Species höchstens ausgenommen, bei denen ein accessorischer fünfter Kelchzahn erscheint [1], während hingegen bei *Scrofularia, Antirrhinum,*

---

[1] Die Entwicklungsgeschichte zeigt, dass nur zwei Staubblätter angelegt werden. Man vergl. Payer a. a. O. t. 111, fg. 28. Die Zweizahl der Staubgefässe hat sich entweder von früheren Typen vererbt, oder es werden die Staubgefässe gegenwärtig nicht in der vollständigen Zahl, wie sie den früheren Typen zukam, angelegt. In ersterem Falle müsste man den gegenwärtigen Zustand der Corolle durch Spaltung eines (ursprünglich vorderen) Corollenlappens in drei Theile entstanden erklären, im zweiten

Linaria und anderen Gattungen das Vorkommen eines *Staminodium posticum* dafür spricht, dass bei diesen die Staubblätterwirtel aus fünf fertilen Gliedern einst bestanden haben, wie diess nur bei *Verbascum* gegenwärtig der Fall ist. Es ist diess analog mit solchen Fällen, wie sie zum Beispiel bei den Stellaten, Gentianeen, Alsineen und anderen Familien vorkommen, bei denen einige Arten vierzählige, andere aber fünfzählige, oder wie bei den Onagrarieen selbst 2-zählige regelmässige Blüthenblätterwirtel besitzen; die Blüthen einiger Gattungen letzterer Familie sind in den ersten zwei Blüthenwirteln mit vier, im dritten aber nur mit zwei Wirtelgliedern (ähnlich wie bei *Veronica* und *Calceolaria*) versehen, die Annahme des Fehlschlagens von Wirtelgliedern ist bei diesen in keinem Falle statthaft. Ähnliche Zahlenverhältnisse kommen sicher bei Familien mit zygomorphem Blüthentypus vor. Nach meinen Beobachtungen scheinen bei solchen Scrofularineen, bei denen die Laubblätter einander gegenüber stehen, 4gliedrige Pelorien häufiger aufzutreten, als bei anderen mit spiralig gestellten oder zerstreuten Blättern. So kommen 5gliedrige Pelorien bei *Linaria*-Arten, die sämmtlich zerstreute Blätter haben, viel häufiger vor als 4gliedrige; 4gliedrige Pelorien bei *Pentstemon*-Arten hingegen, die mit opponirten Blättern versehen sind, dürften keine seltene Erscheinung sein, ich habe sie unter fünf Fällen von Pelorienbildungen bei zwei Arten dieser Gattung zweimal angetroffen [1].

---

müsste Abortus von Staubgefässen angenommen werden, vorausgesetzt, dass die Vorläufer der jetzigen Zustände regelmässige Bildungen gewesen waren. Welche von den Annahmen dem natürlichen Gange der Entwicklung entspricht, muss, da die ganze Bewegungsrichtung der aufeinanderfolgenden Veränderungen nicht aus sicheren Kriterien erkannt werden kann, unentschieden bleiben.

[1] Um zu entscheiden, ob die Zahl der Blüthenblätter in Correlation mit der Stellung der Laub- oder Hochblätter stehe, müssen die Fälle gipfelständiger Pelorien von jenen seitenständiger, bei welchen keine Vorblätter vorausgehen, streng gesondert werden. Unterscheiden sich Gipfelblüthen von seitenständigen in der Zahl der Blüthenblätter, so sind im Allgemeinen die Blüthenblätterwirtel der Gipfelblüthe aus mehr Gliedern zusammengesetzt, als die der seitenständigen. Beispiele dafür bieten *Ruta graveolens*, die abnormen Gipfelblüthen von *Digitalis purpurea;* bei *Adoxa Moschatellina* findet jedoch das Gegentheil statt.

Von Verbenaceen, Orobancheen und Gesneraceen liegen nur vereinzelte Beobachtungen vor[1]. Die Dipsaceen verhalten sich in mehrfacher Hinsicht ähnlich wie die Labiaten. Bei sämmtlichen Dipsaceen, die alle mit gegenüberstehenden Blättern versehen sind, ist der Staubblätterwirtel 4gliedrig, die Blumenkrone 5lappig, aber auch 4lappig, während die Zahl der Kelchsegmente bei verschiedenen Gattungen wechselt, der Aussenkelch (Hüllchen) jedoch bei den meisten vollkommen ungetheilt erscheint. Merkwürdig ist das Verhalten des letzteren bei einigen Bildungsabweichungen von Dipsaceen. Bei einer nicht näher bestimmten *Scabiosa*-Art, wahrscheinlich einer *Scabiosa ochroleuca*, fand ich den Aussenkelch 4lappig oder selbst 4theilig und durch ein langes Internodium vom Kelch getrennt; dieser, die Corolle und die Staubgefässe zeigten mit Ausnahme einer schwachen Vergrünung der Corolle keine erhebliche Abweichung von der normalen Blüthe, ein Fruchtknoten war aber nicht vorhanden[2]. Wahrscheinlich haben bei den Dipsaceen wie bei den Labiaten analoge Veränderungen in der Zahl der Blüthentheile stattgefunden.

Bei einigen Pflanzenarten, wo kein Zweifel obwaltet, dass die zygomorphe Blüthe nach 5gliedrigem Typus gebaut sei, hat man bisweilen 2gliedrige Pelorien beobachtet[3]. Die Stellung der Blüthenblätter solcher Pelorien ist vergleichbar mit der Stellung der ersten Blätter an vielen Laubzweigen, deren später angelegte Blätter aber nach höheren Stellungsverhältnissen angeordnet sind.

---

[1] Von Verbenaceen bisher nur an *Vitex incisa* (Bischoff, Lehrbuch der Botanik, II. Bd., III. Abth. p. 16. Atlas Taf. VIII, fg. 305 *a—c*); von von Orobracheen bei *Orobanche caryophyllacea* (C. Schimper in F. V Schultz: Beitrag zur Kenntniss der deutschen Orobanchen. München 1829 — p. 11, Fig. I—IV); von Gesneraceen bei *Streptocarpus Rexii* (Schlecht. in Bot. Zeit. 1858, p. 770) und bei *Columnea Schiedeana* (Caspary in Verhandl. d. phys. oec. Gesellschaft. Königsberg I. Taf. VI) und *Gloxinia speciosa* (Ch. Darwin: Das Variiren der Pflanzen und Thiere, übers. von Carus. I, p. 465) bekannt.

[2] Der Blüthenstand war durchwachsen, die Blüthen gestielt und zuweilen auch durchwachsen. Über eine abweichende Deutung der Dipsaceenblüthe vergleiche man Buchenau in Bot. Zeitg. 1872, p. 360.

[3] Bei *Viola odorata*, von Hildebrand beobachtet. (Bot. Zeitg. 1862, p. 213. Taf. VIII, Fig. 21—27.

So sehr verschieden die Pelorien und die zygomorphen Blüthen einer und derselben Art gestaltet sein mögen, lässt sich doch zwischen beiden Bildungen eine nahe Beziehung nicht verkennen. Diese spricht sich darin aus, dass in keinem Blüthenblätterwirtel der Pelorie dem Typus der zygomorphen Blüthe völlig fremdartige neue Blüthenblätterformen auftreten, indem wir sahen, dass von den Wirteln der zygomorphen Blüthe immer ein-, bisweilen zweierlei Blüthenblätter zum Aufbau der entsprechenden Wirtel der Pelorie gleichsam entlehnt wurden. Sehr plausibel lässt sich durch den Atavismus erklären, warum bei den Labiaten gerade jenes Wirtelglied, das am wenigsten differenzirt erscheint, in den Wirteln der Pelorie auftritt. Es entspricht mehr der Theorie, dass die einfachere, weniger gegliederte Form — und eine solche ist eine nach radiärem Typus gebaute gegenüber einer nach bilateralem — der complicirteren vorangegangen sei, letztere durch allmälige oder ruckweise, nur unbedeutende Umbildung der ersteren entstanden sei. Es ist dann erklärlich, warum die Dimensionen der einzelnen Abschnitte der Blüthenblätter der Pelorie eine ziemliche Übereinstimmung mit den entsprechenden Segmenten der zygomorphen Blüthe zeigen. Dieselben Beziehungen in Betreff der Dimensionen sind bei cleistogamen und dichogamen Blüthen und bei dimorphen Randblüthen von Blüthenständen nicht zu erkennen, obwohl bei diesen Blüthenbildungen die Grundgestalten der Blüthenblätter kaum modificirt werden. Bei den cleistogamen Blüthen einiger Labiaten, welche gleich den dichogamen zygomorph sind, erscheinen im Vergleiche zu letzteren sämmtliche Blüthentheile entsprechend verkleinert, aber das Maass der Verkleinerung ist beim Kelch ein anderes als bei der Blumenkrone; bei den Randblüthen anderer Familien hingegen, die bei einigen Pflanzenarten mit dicht gedrängten Blüthen vorkommen, sind die Glieder eines oder mehrerer Blüthenblätterwirtel wieder entsprechend vergrössert, hier stimmt wieder das Maass der Vergrösserung bei sämmtlichen Gliedern eines und desselben Wirtels nicht immer überein. Wenn die Pelorien wirklich Rückschlagsbildungen darstellen, würden die Blüthenblätter jedes Wirtels der zygomorphen Labiatenblüthe bezüglich der Form, die jedem derselben eigenthümlich ist, nicht immer gleichen Alters und gleicher Entstehung sein.

Ziel und Richtung, in welcher die aufeinanderfolgenden Veränderungen stattgefunden haben mochten, deuten vielleicht Schwankungen und Variationen der Form und Grösse an, welchen eine Blüthenblattform mehr unterworfen ist als die andere desselben Wirtels. Ich habe die Beobachtung gemacht, dass die median vorn und namentlich hinten stehenden Blattgebilde der Corolle einiger Labiaten mehr variiren als die seitlichen, die am längsten ihre Form beibehalten haben, aus letzteren wird der Corollenwirtel der Pelorie aufgebaut. Die Form der Blüthenblätter steht sicher in Correlation mit der Lage und Richtung zum Horizonte und Abstammungsaxe, welche die Blüthenknospe in den ersteren Stadien einnimmt. Diess geht schon daraus hervor, dass die Blüthenblätter gipfelständiger Blüthenknospen, gleichgiltig aus wie vielen Gliedern die Blüthenwirtel bestehen, fast ausnahmslos nach radiärem Typus ausgebildet werden.

Von den Blütenwirteln der Pelorie ist es zunächst die Corolle, welche der Pelorie den abweichenden Charakter von dem der zygomorphen Blüthe verleiht. Nach meinen Erfahrungen kommen bei Labiaten, vorausgesetzt dass man nur typisch gebaute Pelorien berücksichtigt, in Betreff der Form der Corolle wesentlich nur einerlei Pelorien vor. Von den dreierlei Blattformen, die in der zygomorphen Blumenkrone repräsentirt sind, tritt in der Blumenkrone der Pelorie die Form der seitlich stehenden Blattgebilde der zygomorphen Corolle auf. So habe ich noch bei keinem Lamium Pelorien gesehen, bei denen sämmtliche Zipfel der Corolle dem Mittellappen der Unterlippe oder der Oberlippe der zygomorphen Blüthe gleichen, oder bei *Nepeta Mussini*, wo sie concav oder gekerbt wären, welche Form dem Mittellappen der Unterlippe zukommt. Sollten solche Formen wirklich vorkommen, so sind sie jedenfalls viel seltener. Dasselbe gilt auch für die Pelorien von *Vitex agnus castus*. Da sowohl jeder einzelne Zipfel der Blumenkrone der Pelorie ebenso wie der Mittellappen der Unterlippe streng symmetrisch gebildet sind, die beiden seitlichen Zipfel der Unterlippe nicht ganz symmetrische Gestaltung zeigen, so ist die oben angeführte Regel in den Fällen nicht deutlich mehr ersichtlich, wo der mediane und die seitlichen Zipfel in ihren Dimensionsverhältnissen sich nicht wesentlich unterscheiden. Zweierlei Pelorien kommen bei einigen

Scrofularineen vor, am bekanntesten sind sie bei den *Linaria*-Arten, wo man gespornte und spornlose Pelorien beobachtet hatte. Beide Arten von Pelorien kommen bisweilen selbst an einem und demselben Pflanzenstocke vor, die spornlosen Pelorien stehen seitlich, die gespornten sind gipfelständig [1]. Die spornlosen gleichen zumal in der Form der Corolle den Blüthen der Solaneen-Gattung *Fabiana*, die gespornten haben eine entfernte Ähnlichkeit mit den Blüthen der Gentianeen-Gattung *Halenia*. Abweichend von den Labiaten sind bei den Scrofularineen jene Pelorien, in deren Blumenkronwirtel das median vorn stehende (unpaare) Blüthenblatt der zygomorphen Blüthe vertreten ist, viel häufiger als solche, bei welchen der Blumenkronwirtel der Pelorie aus den paarigen, seitlich stehenden Blüthenblättern der zygomorphen Corolle zusammengesetzt wird. Auch die Blumenkron-Zipfel der spornlosen Pelorie der *Linaria* gleichen in Umriss und Grösse dem Mittellappen der Unterlippe. Zeigen die Glieder des Corollenwirtels der zygomorphen Blüthe nur geringe Verschiedenheit, so kommen auch nur einerlei Pelorien vor. Zweierlei Pelorienbildungen hat man bei *Viola*-Arten, bei Orchideen und Ranunculaceen beobachtet.

Bei der Gattung *Delphinium* beobachtete ich gipfelständige Pelorien, deren sämmtliche Kelchzipfel Sporne trugen, und auch solche Pelorien ganz ohne Sporne. Die Sporne waren aber viel kürzer als der Sporn der zygomorphen Blüthe. Der Blumenkronwirtel der zygomorphen Blüthe von *Delphinium elatum* wird aus heteromorphen und zwar zweierlei Petalen zusammengesetzt. Die hinteren, auf der Förderungsseite stehenden Petalen tragen einen langen hohlen Sporn, die vorderen sind benagelt und spornlos, der Nagel ist über der Basis gleich den Petalen von Trollius mit einem Honiggrübchen versehen, die Lamina ist zweispaltig und behaart. Sowohl die gespornten als spornlosen Pelorien von *Delphinium elatum* trugen Petala mit der zuletzt erwähnten Form. Bei der Gattung *Aconitum* kommen abnorme Blüthen mit zwei bis mehreren helmförmigen Kelchblättern vor, diese tragen jedoch deutlich den Charakter der

---

[1] Man vergl. Ch. Darwin: Das Variiren der Pflanzen und Thiere, übersetzt von Carus. II, p. 456.

Monstrosität; die Helmform lässt es nicht zu, dass sämmtliche Glieder des Kelchwirtels gleichartig helmförmig gestaltet sind[1]. Bei den typisch ausgebildeten Pelorien von *Aconitum* sind die Kelchblätter nicht helmförmig und gleichen den seitlichen der normalen Blüthe, die lang benagelten Blumenblätter fehlen, in Übereinstimmung mit *Delphinium* kommen die auf der Förderungsseite stehenden Blattgebilde der Corolle nicht zur Entwicklung.

Ausser der Corolle bieten auch die Staubgefässe bemerkenswerthe Eigenthümlichkeiten, die bei einigen Gattungen und Arten einen Unterschied im Character der zygomorphen und pelorischen Blüthe begründen. Bei den zygomorphen Labiatenblüthen ist die Didynamie der Staubgefässe charakteristisch, es ist diess ein Merkmal von hervorragender Bedeutung, da es nicht blos sämmtlichen Labiaten mit Ausnahme von *Mentha* und den nächst verwandten Gattungen, sondern auch einer ganzen Gruppe von systematisch verwandten Pflanzenfamilien zukommt, bei denen es, wie es scheint, als Zeichen gleichen Entwicklungsgrades der zu diesen Familien gehörenden Organisationen beim Durchlaufen bestimmter Formkreise angesehen werden darf[2]; sehr wichtige unterscheidende Merkmale, wodurch sich Gruppen von Gattungen trennen lassen, begründen die Richtung der Filamente,

---

[1] Über Bildungsabweichungen bei *Aconitum* mit vermehrter Zahl der Hauben und der Honigbehälter vergl. man Reichenb. in Mössler's Handb. Altona 1838, II, p. 941, und Sauter in Fl. 1831, I., p. 10.

[2] Bei *Echium*, der einzigen Gattung der Asperifolien, wo unregelmässige Blüthen vorkommen, ist der auf der Förderungsseite der Corolle dem Einschnitte gegenüberstehende Staubfaden viel kürzer als die übrigen und wird bisweilen nahezu atrophisch aufgefunden, bei den übrigen vier Staubgefässen stellt sich das Verhältniss der Didynamie ein, die zwei seitlichen (der Blüthenstand als Wirtel, nicht als Traube betrachtet) Staubgefässe sind die längsten und am kräftigsten entwickelt, die vorderen sind etwas kürzer, beide Staubgefässe je eines Paares aber von gleicher Länge. Diess gilt wenigstens für *Echium vulgare*. Bei anderen Pflanzenfamilien mit regelmässigen Blüthen kommen ähnliche Grössenverhältnisse der Staubgefässe vor, so z. B. bei Solanaceen (*Nicotiana tabacum*). Vielleicht wird durch die Längenunterschiede der Staubgefässe der Beginn einer Formveränderung eingeleitet, im ähnlichen Sinne, wie dieselbe bei den Didynamisten stattgefunden haben dürfte.

ihr Verhalten nach dem Verblühen; charakteristisch für viele Gattungen sind die Antherenformen, die wieder von der Ausbildung und Form des Connectivs abhängig sind. Bei den Pelorienbildungen sind sämmtliche Staubgefässe gleich lang, oder wenn von ungleicher Länge, nicht in der typischen Weise wie bei den zygomorphen Blüthen. Sämmtliche Staubgefässe zeigen entweder jene Richtung und Krümmung, die in der zygomorphen Blüthe nur dem einen Paare zukommt, oder sie sind aufrecht, was vor dem Verstäuben der Antheren allgemein als Regel gilt. Bei den zygomorphen Blüthen einiger Gattungen kommt es vor, dass einzelne Glieder des Staubblattwirtels verkümmern, während die fertilen in ungewöhnlichen Formen auftreten. In der pelorischen Blüthe erscheinen dann häufig die Staubblätter weder in der Form der verkümmerten noch der fertilen, sie stellen vielmehr eine Mittelbildung zwischen beiden dar. Die Pelorien von *Salvia grandiflora* und anderer *Salvia*-Arten bieten dafür Belege. Diese pelorischen Blüthen können unmöglich als reine Hemmungsbildungen betrachtet werden, wirkliche Hemmungsbildungen stellen die hinteren Staubgefässe der zygomorphen Blüthe von *Salvia* dar. Bei den Scofularineen zeigen die Staubgefässe nicht die mannigfaltigen Formen und Verschiedenheiten wie bei den Labiaten, dafür erscheint bei vielen ein verkümmertes Anhängsel an der medianen hinteren Seite der Corolle. Die pelorischen Blüthen zeigen hinsichtlich der Staubgefässe keine typischen Abweichungen von denen der Labiaten, statt des Anhängsels bildet sich ein normales Staubgefäss aus, wenn die pelorische Blüthe 5gliedrig ist. Die Staubgefässe der Pelorien von *Linaria* fand ich mehrmals atrophisirt, die flaschenförmigen Pelorien von *Calceolaria* sind ohne Rudiment eines Staubgefässes. Von den Pelorien verschiedener Familien lässt sich im Allgemeinen sagen, dass einseitige Richtungen und Krümmungen der Staubgefässe, welche in der zygomorphen Blüthe beobachtet werden, bei ersteren verschwinden.

Jene Blüthenblätter, die in ihrer Textur sich den laubartigen Organen nähern, zeigen bei den Pelorien geringere Abweichungen als die Corolle; das Pistill, welches bei sämmtlichen Labiaten-Gattungen zur Zeit des Aufblühens kaum einen Unterschied zeigt, gleicht dem der Pelorien, nur sind die beiden

Narbenschenkel typisch von gleicher Länge, während bei vielen Labiaten der hintere Narbenschenkel kürzer erscheint.

Zuweilen treten in den Blüthenwirteln gipfelständiger Blüthen mehrerlei Blattformen auf, was der Pelorie den Charakter der Monstrosität verleiht, aber auch dann ist die Neigung erkennbar, je zwei diametral entgegengesetzte Blattgebilde in gleicher Weise auszubilden [1]. Bei den nicht gipfelständigen Blüthen der Labiaten sind Blüthen mit radiärem Typus eine grosse Seltenheit, weitaus in der Mehrzahl sind sie nach bilateral symmetrischem Typus gebaut, mag die Blüthe in der Zahl der Blüthenblätter mit der normalen Blüthe übereinstimmen, oder, wie in den Doppel- oder Zwillingsblüthen, vermehrt oder auch vermindert sein. Die Blattgebilde anomaler zygomorpher Blüthen lassen meist die der Pflanzenart zukommenden Formen der Blüthenblätter erkennen. Es hängt diess mit den durch innere Ursachen bedingten Symmetrieverhältnissen der Pflanze zusammen, die durch äussere Ursachen mannigfach modificirt und selbst gestört werden können, bei gipfelständiger Stellung jedoch zum einfachsten Ausdruck gelangen. Dass gipfelständige Blüthenknospen nach radiärem Typus sich ausbilden, kommt nicht blos den Labiaten zu, sondern ist eine bei vielen Familien, bei denen zygomorphe Blüthen vorkommen, sich zeigende Thatsache. Bei vielen dieser Pflanzen ist schon diess eine auffallende, abnorme Erscheinung, dass sich überhaupt gipfelständige Blüthenknospen entwickeln [2]. Es erklärt sich, warum so häufig gipfelständige

---

[1] Bei *Salvia longiflora* beobachtete ich 8-gliederige Gipfelblüthen. Der Kelch hatte 8 gleich lange Zähne, von den Lappen der Corolle glichen jene zwei, welche dem vorletzten Laubblattpaare gegenüberstanden, einer halbirten Oberlippe und diese beiden schlossen beiderseits je ein einer Unterlippe vergleichbares Corollenstück ein. Die acht Staubgefässe gleich lang, zwei 4lappige Fruchtknoten mit zwei Griffeln. Eine Scheidewand war nicht vorhanden. An einer *Salvia Pitcheri* beobachtete ich eine 4gliederige Gipfelblüthe, bei welcher zwei Corollenlappen den Seitenlappen der Unterlippe, die übrigen zwei ziemlich dem Mittellappen glichen, nur hatte dieser in der Gipfelblüthe mehrere Kerbzähne.

[2] Man vergl. bei Ch. Darwin: Das Variiren der Thiere und Pflanzen im Zustande der Domestication (Aus dem Engl. übersetzt von Carus. Stuttgart 1858.) Das Capitel p. 455: „Relative Stellung der Blüthen in Bezug

Blüthen monströs werden. Haben die Labiaten früher gipfelständige Blüthen besessen, so waren diese höchst wahrscheinlich regelmässig.

Es ist sicher sehr bemerkenswerth, dass die regelmässige Blüthe der *Mentha aquatica* sowohl in Stellung als Zahl der Blüthentheile durchaus mit der Mehrzahl der typisch ausgebildeten Pelorien übereinstimmt, die an anderen Labiaten allerdings nur ausnahmsweise, unter besonderen günstigen Verhältnissen zum Vorschein kommen. Ähnlich wie bei *Galeobdolon luteum*, *Lamium maculatum*, *Nepeta Mussini* und den übrigen Labiaten, an denen ich Pelorienbildungen angetroffen habe, treibt die *Mentha aquatica* einen oder mehrere Blüthenstengel, die am Gipfel mit einer regelmässigen, 4gliedrigen Blüthe versehen sind. Ausnahmsweise kommt, statt der 4gliedrigen, eine 6gliedrige oder 5gliedrige Blüthe vor. Die regelmässige Blüthe findet sich aber nicht an jedem Blüthenstengel und jedem Exemplare, aber sie ist doch so vorwiegend häufig anzutreffen, dass man öfter Pflanzenstöcke mit gipfelständiger, regelmässiger Blüthe als ohne dieselbe antrifft. Gleich den pelorientragenden Exemplaren von *Galeobdolon luteum*, *Salvia grandiflora* und den übrigen Labiaten verhalten sich auch sämmtliche Blüthenstengel eines und desselben Pflanzenstockes bei der *Mentha aquatica* nicht immer gleich; bald tragen sämmtliche Blüthenstengel die 4gliedrige Blüthe, zuweilen nur die Mehrzahl, oder auch nur ein einziger; es kommt auch vor, dass der eine Blüthenstengel eine 4gliedrige, ein anderer desselben Pflanzenstockes eine 6gliedrige regelmässige Blüthe trägt. Auch solche Fälle findet man, wo die regelmässige Blüthe an dem Pflanzenstocke gar nicht zur Entwicklung kam. Es findet somit bei der *Mentha aquatica* ein wechselvolles Schwinden und Wiederauftreten der regelmässigen Gipfelblüthe statt. Im Allgemeinen kommen bei den ausnahmsweise auftretenden Pelorien weit häufiger als bei der *Mentha aquatica* andere als 4gliedrige Typen und Combinationen dieser Typen in den

---

auf die Axe und der Samen in der Kapsel als Ursache von Variationen." Es wurden *Phalaenopsis, Galeobdolon luteum, Calceolaria, Linaria, Laburnum,* eine *Trifolium*-Art und *Pelargonium* angeführt.

ersten drei Blüthenblätterwirteln vor. Bei der *Mentha aquatica* kommen zweierlei Gipfelblüthen vor; an einigen Pflanzenstöcken sind diese mit langen, kräftig entwickelten Staubgefässen versehen, an anderen erscheinen die Staubgefässe atrophisch, sie werden von der Blumenkronröhre eingeschlossen, der Griffel ragt weit über letztere hervor. Die zygomorphen Blüthen jedes Pflanzenstockes zeigen dieselbe Ausbildung der Geschlechter wie die Gipfelblüthe. Ganz das Gleiche gilt auch für die ausnahmsweise auftretenden Pelorien solcher Labiaten, wo die Pflanzenstöcke bald vorherrschend männliche, bald aber vorherrschend weibliche Ausbildung der Geschlechter zeigen. Bei der *Mentha aquatica* bringt die Gipfelblüthe keimfähigen Samen hervor. Gut ausgebildeten Samen, der von Pelorien stammte, traf ich nur bei *Calamintha Nepeta* und *Nepeta Mussini* an, die gleich der *Mentha aquatica* endständige Inflorescenzen tragen. Vielleicht liegt die Ursache der Sterilität der Pelorien darin, dass bei denselben die Mithilfe der Insecten bei der Befruchtung fehlt, wie auch pelorische Blüthen von *Antirrhinum majus*, sich selbst überlassen, stets steril bleiben, bei künstlicher Befruchtung jedoch Samen hervorbringen [1]; oder es liegt der Sterilität der Pelorie die bedeutende Structurabweichung, die sich schon im blossen Auftreten als Gipfelblüthe kund gibt, zu Grunde. Diess können nur Experimente zeigen. Das Auftreten der Gipfelblüthe bei *Calamintha Nepeta* ist weniger abnorm, als bei *Lamium maculatum*, wo die Stengelspitze normal stets Laubblattpaare erzeugt und sich darin erschöpft [2].

---

[1] Ch. Darwin: Das Variiren der Thiere und Pflanzen, Bd. II, p. 225. Wichtig für die Ätiologie der Pelorienbildungen ist die Angabe, dass die Sämlinge von *Antirrhinum majus*, die aus gegenseitiger Kreuzung von pelorischen Blüthen hervorgingen, wieder Pelorien entwickelten, während diess bei anderen Kreuzungen nicht geschah. Auch pelorische Rassen von *Gloxinia speciosa* können durch Samen fortgepflanzt werden. (Darwin a. a. O. I, p. 465.) Bei *Digitalis purpurea* erzog Vrolik pelorientragende Exemplare aus Samen der Gipfelblüthe und der seitenständigen normalen Blüthen (Fl. 1846. I, p. 971, Tab. I, II).

[2] Wenn der Gipfelblüthe Hochblätter vorausgehen, so alterniren gewöhnlich die vier Kelchzipfel mit den Blättern sämmtlicher vorhergehender Blattpaare; gehen der Pelorie unmittelbar Laubblätter voraus, so

Die Übereinstimmung, welche die Gipfelblüthe der ***Mentha aquatica*** mit den Pelorien anderer Labiaten sowohl bezüglich der Stellung am Stengel, als im Bau zeigt, lässt es als sehr wahrscheinlich erscheinen, dass gipfelständige regelmässige 4gliedrige Blüthen bei den Labiaten ehemals allgemeiner verbreitet waren und dass ***Mentha aquatica*** als ein Repräsentant zu betrachten sei, bei dem sich die regelmässigen Blüthen von früher bis zum heutigen Tage erhalten haben. Vom atavistischen Standpunkt ist man dann berechtigt zu schliessen, dass das öftere oder seltene Vorkommen von Pelorienbildungen bei einer Art ein vergleichendes Maass abgibt, ob diese ihre regelmässigen Blüthen früher oder später verloren hat als eine andere Art. Gewiss findet es in den Pelorienbildungen seinen Ausdruck, wenn verwandte Arten vom ursprünglichen Typus verschieden weit sich entfernt haben. Nach meinen allerdings nicht ausreichenden Beobachtungen scheinen Pelorienbildungen bei *Salvia grandiflora* und *Salvia officinalis* öfter vorzukommen als bei *Salvia pratensis*, die Pelorien der ersten zwei Arten dürften in Form und Ausbildung dem ursprünglichen Typus sich mehr nähern als die Pelorien letzterer Art; bei jenen Arten trägt in der zygomorphen Blüthe jeder der beiden Arme der fertilen Staubgefässe ein Antherenfach, bei letzterer ist der vordere Arm zu einer löffelförmigen Verbreiterung ausgewachsen, dem entsprechend ist in den Pelorienbildungen der *Salvia grandiflora* und *S. officinalis* das Connectiv verkürzt und es trägt zwei Antherenfächer, während bei einer beobachteten Pelorie der *Salvia pratensis* die Staubgefässe mehr den fertilen der normalen Blüthe gleichen. Die Abweichung vom ursprünglichen Typus scheint bei dieser Art so weit gediehen zu sein, dass vollständige Rückschläge zu den früheren Formen gar nicht oder wenigstens sehr selten erfolgen. In allen diesen Fällen zeigt das hoch differenzirte Pistill eine merkwürdige Einförmigkeit, es ist in der That dasjenige Organ sowohl in der zygomorphen, als pelorischen Blüthe, das am seltensten erheblich variirt. Es kommen aber andere Bildungsabweichun-

---

sind jene Fälle die häufigeren, bei welchen die Kelchzipfel die Laubblattstellung direct fortsetzen; zwei Zipfel vermitteln den Übergang von den Laubblättern zu den übrigen zwei Kelchzipfeln.

gen vor, bei welchen gerade das Pistill die grösste Abweichung vom normalen Baue zeigt und in seiner Structur Analogien mit verwandten Familien nahe legt, wo es nicht mehr in derselben Einförmigkeit bei allen Gattungen und Arten auftritt. Ich habe vergrünte Blüthen von *Stachys palustris* beobachtet, welche bilateral symmetrisch ausgebildet, mit einem röhrenförmigen Kelche, 2lippiger Blumenkrone und vier atrophischen Staubgefässen versehen waren; diese haben den wichtigsten Familiencharacter, der im Baue des 4lappigen Ovariums, der Insertion des Griffels und der Ovula liegt, verloren [1]. Würde

---

[1] Bei den vergrünten Blüthen war die Blumenkrone fast vollständig vom Kelche eingeschlossen, der Fruchtknoten war eiförmig, in den Griffel zugespitzt, oben von vier Furchen eingeschnitten, einfächerig, seitlich mit zwei einander genäherten, parallel laufenden, etwas vorspringenden und nach rückwärts gerollten Leisten besetzt, die von je einem Gefässstrange durchzogen wurden; in der Mitte derselben trugen sie statt eines Ovulums je ein kleines gestieltes Blättchen; die Lamina desselben herabgeschlagen oder aufrecht, an der der Fruchtknotenwandung zugekehrten Blattfläche den Nucleus tragend. Im Centrum dieses Fruchtknotens befand sich ein zweiter, der ähnlich gebaut war. Bei dieser Bildungsabweichung ging der Typus des Labiatenfruchtknotens gänzlich verloren. Es ist bemerkenswerth, dass bei der Gattung *Stachys* am öftesten Vergrünungen der Blüthen und zumal des Fruchtknotens beobachtet worden sind. Man vergl. Schimper in Fl. 1829, p. 433; Engelmann de Antholysi Prodr. a. m. O.; Moquin-Tandon, Pflanzenteratologie, übers. von Schauer, p. 292; Reichenb. Fl. excurs. p. 319; Gay in Bull. Bot. Franc. 1854, p. 171; Döll, rheinische Fl., p. 369; Christ in Fl. 1867. Taf. VIII, p. 376. In allen Fällen war es *Stachys sylvatica* — Verbildungen des Fruchtknotens mit vermehrter Zahl der Fruchtknotenlappen und der Griffel hat man bei *Salvia cretica*, *Sideritis canariensis*, *Coleus aromaticus* und anderen Arten beobachtet (Benth. Labiat. gen. et sp. p. XXVII). Merkwürdige Fälle sind der von Th. Irmisch (Beitr. zur vergl. Morph. II. Abth. 1856, p. 6) bei *Salvia pratensis* und von Wetterhan an derselben Art aufgefundene Fall (ausführlich beschrieben in d. bot. Zeit. 1870 und abgebildet in meiner Abhandlung, Sitzb. d. Wien. Acad. Juliheft 1869), der von Godey (Bull. soc. Normand, 1864—1865 vol. X, Pl. II) an *Teucrium Scorodonia* beobachtete Fall, endlich die von mir in Sitzb. Wien. Acad. Novemberheft 1870 beschriebene Anomalie der *Stachys annua* (nicht *Stachys recta*, wie es irrthümlich heisst). Die Bildungsabweichung der Blüthe war combinirt mit Fasciation des Stengels. In diesen Fällen gehörten typisch zu je einem Narbenschenkel zwei Fruchtknotenlappen.

solch eine einzelne Blüthe zur Beurtheilung der systematischen Verwandtschaft vorliegen, so beginge man wahrscheinlich einen Irrthum. Es zeigen diese verschiedenen Reihen von Bildungsabweichungen, dass der Gestaltungstrieb die mannigfaltigsten Formen hervorbringt und dürfen morphologische Schlüsse auf Grundlage von Bildungsabweichungen nur mit grosser Vorsicht gezogen werden, so beruhen Hypothesen über den genetischen Zusammenhang verschiedener Formen meist auf ganz unsicherer Grundlage.

Die Pelorienbildungen von Labiaten, die ich bei eilf, verschiedenen Gruppen angehörenden Gattungen beobachtet habe, zeigen nur geringe Unterschiede, die auf kleinen Abweichungen in der Form der Corollenlappen und der relativen Länge derselben zu der Blumenkronröhre, auf dem Vorhandensein oder der Abwesenheit eines Haarkranzes im Innern der letzteren, ferner der Länge der Staubgefässe beruhen. Die von der Form der Antheren zur Unterscheidung der Gattungen hergenommenen Kennzeichen sind bei den Pelorienbildungen nicht so deutlich ausgesprochen oder sie sind ebenfalls verschwunden, da die Antheren der Pelorienbildungen, wenn auch mit ausgebildeten Pollen versehen, so häufig den Jugendzuständen in der zygomorphen Blüthe gleichen. Nur bei *Galeobdolon luteum* und *Lamium maculatum* unterscheiden sich bemerklich die pelorischen Blüthen in der Form der Corollenbildung, was insoferne auffallend ist, da beide Gattungen nur eine geringe Differenz im Gattungscharakter zeigen, und einige Botaniker sie sogar vereinigen [1]. Erwähnenswerth wären auch die pelorischen Blüthen von *Ballota nigra* wegen der trichterförmigen Stellung der Corollenzipfel, vorausgesetzt, dass dies Merkmal bei weiterer Beobachtung als am häufigsten vorkommend sich erweisen würde. Bei den Scrofularineen gleichen sich ziemlich die Pelorien von *Pentstemon* und die spornlosen von *Linaria;* letztere und nicht die gespornten wären als Rückschlagbildungen anzusehen. Diesen nähern sich wieder in der Form der Corollenbildung die krugförmigen Pelorien der Gattung *Calceolaria*, doch ist bei denselben der voll-

[1] Man vergl. die Abbildungen in meiner Abhandl. über Pelorien bei Labiaten. Sitzb. d. Wien. Acad. Juli-Heft 1869 u. Novemberheft 1870.

ständige Abgang der Staubgefässe bemerkenswerth [1]. Die Pelorien von *Digitalis lanata* und *Pentstemon*-Arten unterscheiden sich durch die Form und Weite der Blumenkrone nicht mehr als die Blüthen der einzelnen Arten der Gattung *Digitalis* selbst. In solchen Familien, wo an einigen Gattungen nur regelmässige, bei anderen nur zygomorphe Blüthen vorkommen, hält der Blüthenbau der Pelorien die Mitte zwischen dem von Gattungen mit nur regelmässigen Blüthen. Die Pelorien demonstriren deutlich die systematische Verwandtschaft von Gattungen einer und derselben Familie, die einerseits nur regelmässige, anderseits nur zygomorphe Blüthen entwickeln. Die spornlosen Pelorien von *Delphinium elatum* halten die Mitte zwischen den Blüthen von *Trollius* und *Nigella.* Die innige Verwandtschaft spricht sich in vielen kleinen Zügen aus, in der vermehrten Zahl der Petalen bei ersterer Gattung, in dem Vorhandensein einer Honiggrube am Nagel des Petalums, einem hervorstechenden Merkmale bei einigen Ranunculaceen, in der 2spaltigen *Lamina* des letzteren insbesondere die Verwandtschaft mit *Garidella (Nigella).* Die gespornten pelorischen Blüthen von *Delphinium* stellen ein Seitenstück zu den Blüthen *Aquilegia*, letztere trägt normal ungespornte Kelchblätter, aber gespornte Petalen, erstere gespornte Kelchblätter, ungespornte Petalen. Die Pelorien von *Aconitum* nähern sich im Blüthenbau, wenigstens was das Perianthium betrifft, der Gattung *Caltha.* Die pelorischen Blüthen von Pelargonium haben fünf gleiche Kronenblätter aber kein Nectarium, sie sind den Blüthen von Geranium ähnlich; da jedoch die abwechselnden Staubgefässe zuweilen der Antheren entbehren, so werden sie dann den Blüthen von Erodium ähnlich [2]. Der Zusammenhang der Gattungen, der einen ähnlichen

[1] Guillemin im Archiv d. Bot. II. (1833); Schlecht. in Linn. XII. p. 685; Meyer in Linn. XVI. p. 26; Morr. in Ac. roy. Belg. XV, p. 7. Absolut staubgefässlose Pelorien beobachtete ich an *Linaria vulgaris;* sie kamen an durchgewachsenen Blüthen zur Entwicklung. Die äussere Blüthe zygomorph. mit offenem Schlunde und gestielten dütenförmigen corollinischen Blättchen statt der Staubgefässe; zwei grüne Blättchen statt des Fruchtknotens; die innere Blüthe eine *Peloria anectaria*, oder die Pelorie gespornt, cylindrisch, Sporen kurz, aufwärts oder abwärts gerichtet.

[2] Payer, in Bull. Bot. Franc. 1858, p. 332; Ch. Darwin: Das Variiren der Thiere und Pflanzen. Vol. II, p. 77.

Entwicklungsgang im Laufe der aufeinanderfolgenden Generationen ahnen lässt, wird offenbar bei Berücksichtigung mancher unbedeutend erscheinender Anomalien, so beobachtete ich an *Digitalis lutea* einzelne Blüthen, die einen kurzen Sporn ähnlich dem von *Linaria* trugen, und an *Linaria vulgaris* wieder einzelne Blüthen ohne Sporn, wodurch letztere den Blumen von *Anarrhinum* und *Antirrhinum* ähnlich werden.

Wenn auch die Ähnlichkeit der pelorischen Blüthen verschiedener Gattungen nur als eine nothwendige Consequenz der Bildungsgesetze im Aufbau der Pelorienbildungen erscheint, so ist andererseits das Schwinden der generischen Unterschiede bei denselben eine weitere Stütze für die Annahme, dass die 4gliedrigen Pelorien bei den Labiaten Nachahmungen älterer Typen darstellen, von welchen letzteren man annehmen muss, dass sie sich erst später in die zahlreicher gegliederten Formen gespalten haben. Bei den cleistogamen Blüthen ist der Gattungscharakter viel schärfer ausgeprägt, der Bau der Staubgefässe von *Salvia cleistogama* zeigt keine erhebliche Differenz von jenem dichogamer Blüthen, ähnlich treten im Corollenwirtel cleistogamer Blüthen von *Lamium amplexicaule* die für *Lamium* charakteristischen Blumenkronlappen auf. Die Differenzen zwischen homogamen und dichogamen Blüthen liegen hauptsächlich in der Grösse der Blüthen, der relativen Maasse der einzelnen Blüthenwirtel, der jugendlichen Form der Antheren bei homogamen Blüthen und der Länge der Narben. In Correlation stehen bei homogamen Blüthen die Länge der Antherenritzen und der Narben. Interessant wäre die Vergleichung möglichst vieler Arten mit zygomorphen cleistogamen Blüthen, ob bei denselben die auf den Bau der cleistogamen Blüthen aufgestellten Gattungen ebenso viele Formen umfassen als die, welche man auf den Bau dichogamer Blüthen gegründet hat. Leider kommen aber nur bei wenigen Labiaten cleistogame Blüthen vor.

Bei vielen Familien kommen (ausser Pelorienbildungen) mannigfache Bildungsabweichungen gerade solcher Organe vor, auf deren Bau, Entwicklung und Form im normalen Zustande der Gattungscharakter beruht. Bei Vergrünungen von Cruciferen ist beispielsweise zunächst der Fruchtknoten, welcher in verschiedenem Grade mehr minder von der Norm abweicht, während

die Staubgefässe mit Zähigkeit ihre Form beibehalten und eher atrophiren als dieselbe wesentlich ändern. Die Mehrzahl der Gattungen von Cruciferen beruhen auf Abweichungen im Fruchtbau, die Staubgefässe bieten nur durch das Vorhandensein oder die Abwesenheit von Anhängseln einige Gattungscharaktere. Ähnlich bei Umbelliferen, jedoch sind bei denselben die Staubgefässe, die im normalen Zustande eine merkwürdige Einförmigkeit bei allen Gattungen zeigen, mehreren Anomalien unterworfen. Dass das Pistill bei beiden Familien so leicht abändert, und in den mannigfaltigsten Abstufungen der Verlaubung auftritt, findet allerdings seine Erklärung darin, dass Blattorgane, deren Gewebe im normalen Zustande dem von laubartigen Organen ähnelt, auch leichter unter gewissen Bedingungen in den vollkommen laubartigen Zustand übergehen können. Analoge Verhältnisse finden bei den gefüllten Blüthen statt, wo sich Staubgefässe leicht in Kronenblätter verwandeln. Oft zeigen gerade so wie Pelorienbildungen verbildete Blüthen von sehr abweichenden Gattungen die grösste Übereinstimmung. Wählt man unter den äusserst zahlreichen und mannigfaltigen Fällen von Vergrünungen von *Brassica Napus*, *Sisymbrium Alliaria*, *Sinapis arvensis*, *Arabis hirsuta* oder von *Daucus Carota*, *Torilis Anthriscus*, *Heracleum Sphondylium* einzelne sorgfältig heraus, so wird man öfters an einer Art solche vergrünte Blüthen finden, die nahezu vollständig den ausgewählten der anderen Art gleichen; es besteht ja die hauptsächlichste Differenz zwischen diesen Gattungen in der Form und Structur der ausgebildeten reifen Frucht. Die Merkmale, welche die Gattung *Brassica* von *Sisymbrium* und anderen unterscheiden, gehen demnach bei diesen Bildungsabweichungen verloren und nur die Constanz in der Anordnung und Zahl der Blüthenblätter lassen mit ziemlicher Sicherheit die Familie, zu der diese Gebilde gehören, erkennen, während die verbildeten Organe hingegen wieder mit den specifischen Eigenthümlichkeiten der Pflanzenart erscheinen[1]. Bei

---

[1] Die Stellungsverhältnisse und die Zusammenordnung der Zellen und Organe sind sowohl in der Natur als in der Cultur die constantesten und zähesten Merkmale." Naegeli, Entstehung und Begriff der naturhistorischen Art pag. 37.

aller Mannigfaltigkeit im speciellen Falle wird die Übereinstimmung in Bau und Form der Bildungsabweichungen von Blüthen mehr minder verwandter Gattungen erkannt, wenn nur die entsprechenden Entwicklungsgrade mit einander verglichen werden. In vielen Fällen ist es augenscheinlich, dass von einem bestimmten jüngeren Entwicklungsstadium des normalen Organs der abnorme Gang der Entwicklung seinen Ausgangspunkt genommen habe. Indem letzterer nun bei den ersteren und späteren Stadien beginnen kann, so kommen zahlreiche Übergangsbildungen von höchst abweichenden zu normalen Formen zu Stande. Da er verschiedene Richtungen einschlägt (bei pelorischen, vergrünten, gefüllten Blüthen, bei Anpassungserscheinungen, beim Befallenwerden von thierischen und pflanzlichen Parasiten), so erscheinen verschiedene Reihen von Bildungsabweichungen, die alle mit der normalen Form durch verbindende Mittelglieder zusammenhängen. Nahe verwandte Pflanzen zeigen auch eine typische Übereinstimmung im abnormen Gange der Entwicklung, diese gibt sich in der Ähnlichkeit der Pelorienbildungen einerseits, der Ähnlichkeit der vergrünten, oder der gefüllten Blüthenbildungen anderseits und der Ähnlichkeit abnormer Blüthen mit normalen verwandter Gattungen zu erkennen. Wird aus dem mehr minder übereinstimmenden Baue normaler Blüthen auf die grössere oder geringere Ähnlichkeit der ganzen Organisation geschlossen, so werden durch Vergleichung abnormer Bildungen jene Annahmen nur bestätigt. Doch kommen auch Bildungsabweichungen vor, die ganz unvermittelt zu stehen scheinen. Da jede Art mit ihren Bildungsabweichungen sämmtliche Formen repräsentirt, die eine Organisation von bestimmtem Gepräge auf gegebene Veranlassung annehmen kann, so ist es wahrscheinlich, dass unter den so mannigfaltigen Anomalien derselben auch solche Formen vorkommen, die ein, wenn auch nicht ganz getreues Ebenbild ausgestorbener Gebilde darstellen, deren Descendenz nicht blos die eine Art sondern auch im Systeme nahe oder vielleicht entfernter stehende Formen in sich begreift. Aber ebenso wahrscheinlich ist es, dass auch Vorläufer späterer, künftiger Bildungen unter denselben vorkommen. Man hat allerdings keine Kriterien, wodurch sich Fälle von Rückschlag von Vorläufern späterer Bildungen unterscheiden lassen.

Lässt sich auch nicht bezweifeln, dass die Tendenz im Entwicklungsgange der Dicotylen dahin geht, vorwiegend 5gliedrige Blüthenkreise auszubilden, so stösst man doch im speciellen Falle bei der Entscheidung, ob Verschmelzung oder Spaltung von Blüthentheilen eingeleitet werde, auf die grössten Schwierigkeiten. Diese setzt voraus die Kenntniss der Richtung des Entwicklungsganges bei den aufeinanderfolgenden Generationen. Es können ähnlich wie im Thierreiche, Rückbildungen eintreten. Derselbe Vorgang, den die Natur einleitet, um aus weniggliedrigen Blüthenkreisen mehrgliedrige herzustellen, dient häufig auch dazu, das entgegengesetzte Resultat zu erreichen. Durch Förderung bestimmter Regionen entstehen Verschmelzungen und Spaltungen, mit Förderung des einen Theils ist häufig Schwächung oder vollständiger Abortus eines anderen verbunden. Spaltung eines Theils und unvermitteltes Auftreten eines neuen treten ebenfalls combinirt auf. Man spricht von Spaltung, wenn sich, wie bei zygomorphen Blüthen, durch Bildungsabweichungen Übergänge nachweisen lassen; vom unvermittelten Auftreten, wenn solche Übergänge fehlen. Auch bei Rückbildungen verschwinden reich entwickelte Gliederungen von Formen. In diesem Sinne ist die Annahme nicht gefordert, dass abnorm auftretende regelmässige Blüthen als solche immer Rückschlagsbildungen darstellen. Ein Beweis, dass regelmässige Blüthen Vorläufer von zygomorphen nothwendig gewesen sein mussten, lässt sich aber auch nicht führen; man hat für diese Annahme nur die Parallele im Entwicklungsgange des einzelnen Pflanzenindividuums, bei dem die Jugendzustände zygomorpher Blüthen den regelmässigen Bildungen sich mehr nähern, der Zygomorphismus im Allgemeinen erst in den späteren Stadien sich entwickelt.

Nach der herrschenden Theorie müssten die Blüthenblätterwirtel der Labiaten einst aus fünf Gliedern bestanden haben; sie wären demnach gegenwärtig, wenigstens was die Zahl der Wirtelglieder betrifft, in der Involution begriffen; Rückschlagsbildungen wären dann zweifellos 5gliederige Blüthen (5gliederige Pelorien). Waren die Labiaten früher 4gliederig, so besteht die Tendenz des Entwicklungsganges darin, mehr als 4gliederige Blüthenkreise auszubilden; die rein 4gliederigen Blüthen (4glie-


STANFORD LIBRARY

derigen hervorgegangen sei[1]. Sämmtliche construirte Typen einer und derselben Pflanzenfamilie wären jedoch nicht identisch, da sie sich durch Charaktere secundären Grades, nämlich specifische Eigenthümlichkeiten unterscheiden. Eine andere Frage ist es freilich, ob solche Typen wirklich existirt haben. Die Verknüpfung der Thatsachen, aus denen die Veränderlichkeit der Pflanzenart unzweifelhaft hervorgeht, ist im Grossen und Ganzen geeignet, eine rationelle allgemeine Naturanschauung zu begründen; im speciellen Falle, wo eine bestimmte Vorstellung der aufeinanderfolgenden Veränderungen einer Pflanzenart gefordert wird, hat man keinen sicheren Leitfaden, in welcher Weise bei einer gegebenen Pflanzenform diese Thatsachen zu verbinden wären, um dem wirklichen Gange der Entwicklung zu entsprechen.

---

[1] Bei der Gattung *Tinnea*, die Hoocker und Welwitsch zu den Labiaten stellen, ist in der That der Kelch und das Pistill 2gliederig, der Corollen und Staubgefässwirtel aber 4gliederig.

Erläuterungen und Erklärung der Abbildungen.

Salvia grandiflora Ettl.

Taf. I.

Bei dieser *Salvia*-Art scheinen Pelorien viel häufiger aufzutreten als bei anderen Salvien. In dem Literaturverzeichniss, das ich in einer Abhandlung über Pelorien bei Labiaten gegeben habe, ist diese Art bereits aufgeführt worden; Masters erwähnt nur einer *Salvia* sp. in seiner Veg. Terat. p. 226. Ausser bei dieser Art hat Al. Braun noch bei *Salvia Candelabrum*, und ich bei *Salvia Pitcheri* gipfelständige Pelorien beobachtet, seitenständige habe ich bei *Salvia officinalis* wiederholt und einmal bei *S. pratensis* angetroffen. Sämmtliche pelorische Blüthen waren mit einem 4spaltigen Kelche versehen. Im hiesigen botanischen Garten wurden drei Exemplare von *Salvia grandiflora* cultivirt, von denen sämmtliche Pelorien trugen. Im vorigen Jahre war bereits, als ich die Pflanzen zum ersten Male sah, die Blüthezeit vorüber und nur drei Blüthenstengel trugen an einer Pflanze noch Pelorien; im heurigen Jahre bemerkte ich pelorische Gipfelblüthen an allen drei Exemplaren, an einem war die Mehrzahl der Blüthenstengel mit pelorischen Gipfelblüthen versehen. Über diese Pelorien will ich nur bemerken, dass sie sämmtlich in ihren ersten drei Blüthenblätterwirteln 4gliedrig waren, nur an einer Pelorie beobachtete ich fünf Corollenlappen, die Blumenkronzipfel waren von gleicher Grösse oder zwei Zipfel abwechselnd kleiner (diess sind jene Zipfel, die dem letzten Vorblattpaare gegenüberstehen); im Allgemeinen glichen sämmtliche Zipfel der Corolle den Seitenlappen der Unterlippe, nur in einem Falle glichen die zwei grösseren Lappen dem Mittellappen der Unterlippe. In der Knospenlage deckten sich die Lappen derart, dass ein einem Vorblatte gegenüberstehender Lappen unbedeckt blieb, der ihm gegenüberstehende wurde von den freien Rändern der übrigen zwei Zipfel aber bedeckt. Die Staubgefässe variirten in den diversen Blüthen, in vielen Fällen überragten sie ein wenig die Blumenkronröhre. Bei den meisten Blüthen waren die Staubgefässe so geformt, wie in Fig. 8 dargestellt wurde; das Connectiv stand in einem rechten Winkel zu dem Filamente, es war gekrümmt, die Concavität der Krümmung sah nach innen, bei anderen Staubgefässen stand das Connectiv etwas schräge, unter der Ansatzstelle des Connectivs zeigte das Filament eine seichte Einschnürung. Wie in der zygomorphen Blüthe die vorderen Schenkel der fertilen Staubgefässe bis

zur Berührung einander genähert sind, so berührten sich in vielen pelorischen Blüthen beide Antherenfächer von je zwei Staubgefässen. Es kamen auch Fälle vor, wo sämmtliche Staubgefässe frei waren (Fig. 4). In den Fächern war gut ausgebildeter Pollen vorhanden. Der Griffel war bei allen Blüthen am oberen Ende gekrümmt, so dass die Stellung beider Narben nicht genau eruirt werden konnte, ohne Zweifel wurden die Carpellblätter zweien Blumenkronzipfeln gegenüber angelegt. Reifer Samen kam nicht zur Entwicklung. Die seitenständigen Pelorien von *Salvia officinalis* unterschieden sich von denen der *Salvia grandiflora* durch ein längeres Connectiv, die Staubgefässe der Pelorie von *Salvia pratensis* glichen fast den fertilen in der zygomorphen Blüthe, ebenso die vier Staubgefässe einer 4gliederigen Pelorie von *Salvia Pitcheri*, nur waren sie viel kürzer als die fertilen Staubgefässe. (In der Abbildung der Pelorie von *Salvia pratensis* (Sitzb. d. Wien. Acad. 1869) wurden die Antherenfächer unrichtig schattirt, so dass man glauben könnte, die Antheren wären 2fächerig gewesen.) Bei *Salvia grandiflora* stellten einzelne Gipfelblüthen Mittelbildungen zwischen pelorischen und zygomorphen Blüthenbildungen dar und diese waren mit einem 4spaltigen Kelche versehen.

Fig. 1. Das obere Ende des Blüthenstengels von *Salvia grandiflora* in nat. Grösse.
„ 2. Die Pelorie desselben. Vergr. 3mal.
„ 3. Der Kelch.
„ 4. Die Corolle auseinandergebreitet. Vergr. 3mal.
„ 5. Die Staubgefässe dieser Pelorie 6mal vergr.
„ 6. Das Pistill 6mal vergr.
„ 7. Das Diagramm der Pelorie.
„ 8. Staubgefässe einer anderen Pelorie.

Micromeria microcalyx Boiss.

Taf. II. Fig. 1–4.

Die Pflanze, an welcher ich eine Pelorie auffand, wurde im hiesigen botanischen Garten cultivirt. Nur ein einziger Blüthenstengel war mit einer Pelorie versehen. Gleichzeitig mit der *Micromeria microcalyx* blühte auch eine *Calamintha* (unter dem Namen *C. patavina*), die ebenfalls pelorische Gipfelblüthen trug; eine von diesen war mit einem 4zähnigen Kelch und fünf Corollenlappen versehen, bei der zweiten war die Blumenkrone bereits abgefallen, der Kelch war ebenfalls 4zähnig. Bemerkenswerth ist, dass im Verlaufe dreier Jahre nahezu alle Exemplare, die in verschiedenen, aber auf demselben Bette gelegenen Scheiben cultivirt wurden, Pelorien trugen, es waren diess, ausser *Micromeria microcalyx*, noch *M. rupestris*, dann mehrere unter verschiedenen Namen aufgeführte *Calamintha*-Arten. Die zygomorphen Blüthen von *Micromeria microcalyx* waren mit kleinen atrophischen Staubgefässen versehen. Die Stellung der Narbenzipfel konnte an der Pelorie nicht mit Sicherheit ermittelt werden.

Fig. 1. Inflorescenz mit der 4gliederigen Gipfelblüthe 2mal vergr.
„ 2. Die Gipfelblüthe. Vergr. 8mal.
„ 3. Die Corolle derselben auseinandergebreitet. Vergr. 8mal.
„ 4. Der Fruchtknoten 24mal vergr.

Ballota nigra L.

Taf. II, Fig. 5—6.

Das pelorientragende Exemplar fand ich vereinzelt, auf einer freien sonnigen Stelle zwischen Sandsteintrümmern wachsend. Von sämmtlichen Blüthenstengeln trug nur ein einzelner die (5gliederige) Pelorie. Nicht weit entfernt standen einzelne Exemplare, die durch ihre Gallenbildungen einiges Interesse boten. An den wahrscheinlich von einer *Phytoptus*-Art befallenen Exemplaren waren die Blüthen mehr minder monströs, die Zahl der Kelchzähne vermehrt, bisweilen war der Kelch spiralig aufgerollt, ausserdem schien die von der Milbe der Pflanze zugefügte Verwundung das Auftreten gipfelständiger Blüthenknospen zu begünstigen, die Gipfelblüthen waren aber ganz monströse Bildungen. Es wäre aber möglich, dass in Folge der durch die Verwundung angeregten abnormen Vegetationsrichtung auch ziemlich regelmässige Bildungen entständen. Ähnliches beobachtete ich an vielen Exemplaren von *Linaria vulgaris*, die alle nahe aneinander standen. Die Pflanzen waren in der Blüthenregion von einem *Phytoptus* befallen, an der Spitze der Inflorescenz stand ein Knäuel von dicklichen verbreiteten Blättern und Blüthenknospen in deren Axilla, die Blüthen unterhalb oder auch im Bereiche des Knäuels waren mit zwei bis drei Spornen versehen, die Sporne von gleicher Länge oder häufiger sehr ungleich. Der Blüthenstengel von *Ballota nigra*, welcher die Pelorie trug, war aber sicher von keinem *Phytoptus* befallen.

Fig. 5. Das obere Ende des Blüthenstengels mit der gipfelständigen Pelorie in natürl. Grösse dargestellt.
„ 6. Die gipfelständige Pelorie 4mal vergr.

Vitex agnus castus L.

Taf. III.

Ein Exemplar dieser Art producirte an zahlreichen Inflorescenzen pelorische Gipfelblüthen. Diess beobachtete ich seit zwei Jahren. Die Pelorien waren in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle 5- und 6gliederig, sie besassen kleine ovale Blumenkronzipfel, die in jeder Hinsicht den seitlichen Zipfeln der Unterlippe zygomorpher Blüthen glichen. An einigen der letzteren kamen fünf und zuweilen auch sechs Staubgefässe zur Entwicklung. Der Strauch blühte von Mitte Juli bis August. Ich erwähnte, dass Bischoff bei *Vitex incisa* Pelorienbildungen beobachtet hatte, diese waren ebenfalls 5gliederig und glichen denen von *Vitex agnus castus*.

Fig. 1. Ein Theil der Inflorescenz mit der Gipfelblüthe 3mal vergr.
„ 2. Eine 6gliederige Pelorie mit einem blumenblattähnlichen Staubgefässe. Vergr. 8mal.
„ 3. Der Kelch derselben.
„ 4. Die Corolle mit den Staubgefässen, 8mal vergr.
„ 5. Antheren von aussen und innen betrachtet.
„ 6. Querschnitt des Fruchtknotens.
„ 7. Eine 5gliederige gipfelständige Pelorie.
„ 8 Die Corolle derselben auseinandergebreitet. Vergr. 8mal.

Pentstemon acuminatus Dougl.

Taf. IV, Fig. 1—6.

Bei dieser Art fand ich an zwei Exemplaren pelorische Gipfelblüthen Eine von diesen war in ihren ersten drei Blüthenblätterwirteln 4gliederig, bei allen übrigen war der Kelch 5spaltig. Die Corolle mit langer, nach oben allmälig erweiterter Blumenkronröhre versehen und von Längsfurchen durchzogen, die mit den Corollenzipfeln alternirten. Unter dem Saume war die Blumenkronröhre ein wenig eingeschnürt; die Blumenkronzipfel klein, oval, seicht ausgerandet, aufrecht, dem Mittellappen der Unterlippe zygomorpher Blüthen gleichend, an der Basis büschelig behaart, die nach innen vorspringende Leiste der Blumenkronröhre, welche der Längsfurche aussen entsprach, mit Haaren besetzt. Bei zwei Fällen waren fünf Blumenkronlappen und fünf Staubgefässe vorhanden; in einem einzigen Falle, wo auch der Kelch 5spaltig war, zählte ich sechs Blumenkronlappen und sechs fertile Staubgefässe. Die Pelorien kamen früher zur Entfaltung als die Axillarblüthen der zwei unmittelbar vorhergehenden Vorblattpaare.

Fig. 1. Inflorescenz von *Pentstemon acuminatus* mit der Gipfelblüthe in nat. Grösse.
„ 2. Die Pelorie 2mal vergr.
„ 3. Der Kelch, von dem zwei Lappen entfernt wurden, um den Fruchtknoten zur Ansicht zu bringen. Vergr. 2mal.
„ 4. Die Corolle auseinandergebreitet mit den Staubgefässen, 2mal vergrössert.
„ 5. Ein Staubgefäss der Pelorie, die Anthere von aussen und innen gesehen. Vergr. 6mal.
„ 6. Diagramm der Blüthe.

Pentstemon ovatus Dougl.

Taf. IV, Fig. 7—12.

Das Exemplar, welches nur eine Pelorie trug, wuchs nicht weit entfernt von dem früher erwähnten *Pentstemon*. Die Pelorie war 4gliederig und unterschied sich nur durch zwei abstehende Blumenkronlappen von

versehen. Gleichzeitig mit der vorhergehenden Art aufblühend, traf ich an einem *Delphinium*, das dem *Delphinium elatum* sehr nahe steht, eine gipfelständige ungespornte Pelorie an. Wie in den vorigen Fälleu stand letztere aufrecht, während die seitlichen zygomorphen Blüthen normal mit einem an der Spitze nickenden Blüthenstielchen versehen waren. Die Pelorie entfaltete sich früher als 26 vorhergehende Blüthen. Die ungespornte Pelorie war mit acht Kelch- und acht Kronenblättern versehen, während an der abgebildeten, gespornten Pelorie des *Delphinium elatum* neun Kelch- zehn Kronenblätter, zahlreiche Staubgefässe und drei Fruchtblätter (wie bei der ungespornten Pelorie) vorhanden waren.

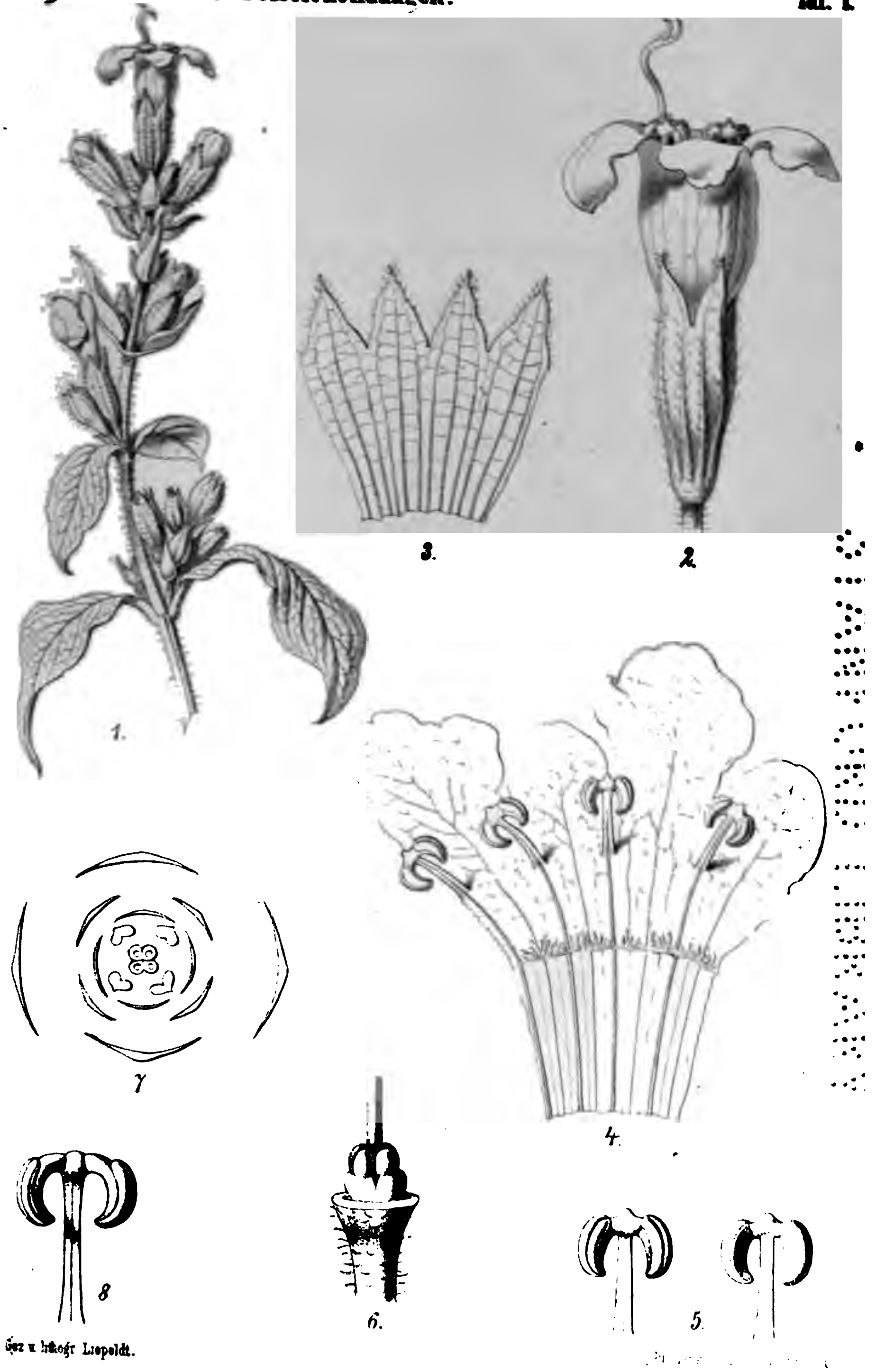
Fig. 1. Das obere Ende der Inflorescenz mit der pelorischen Gipfelblüthe eines nicht fasciirten Blüthenstengels von *Delphinium elatum* in nat. Grösse.
„ 2. Die Gipfelblüthe 2mal vergrössert.
„ 3. Ein Kronenblatt derselben.
„ 4. Das obere Ende der Inflorescenz mit der Gipfelblüthe eines Blüthenstengels von einer dem *Delphinium elatum* sehr nahe verwandten Art, in nat. Grösse.
„ 5. Die spornlose Pelorie desselben. Vergr. 2mal.
„ 6. Ein Kronenblatt. Vergr. 4mal.

Aconitum variegatum L.

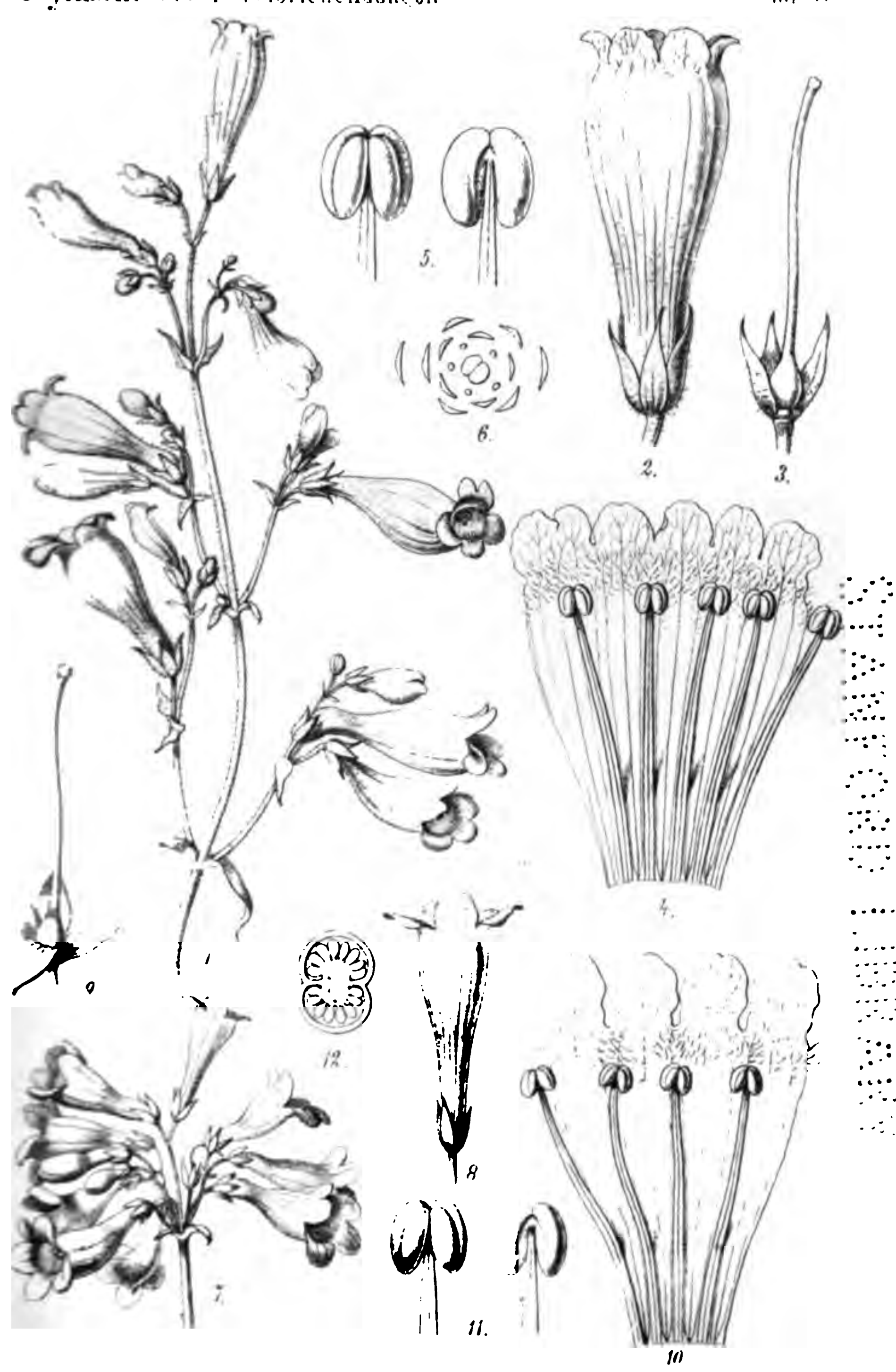
Taf. VI, Fig. 7—8.

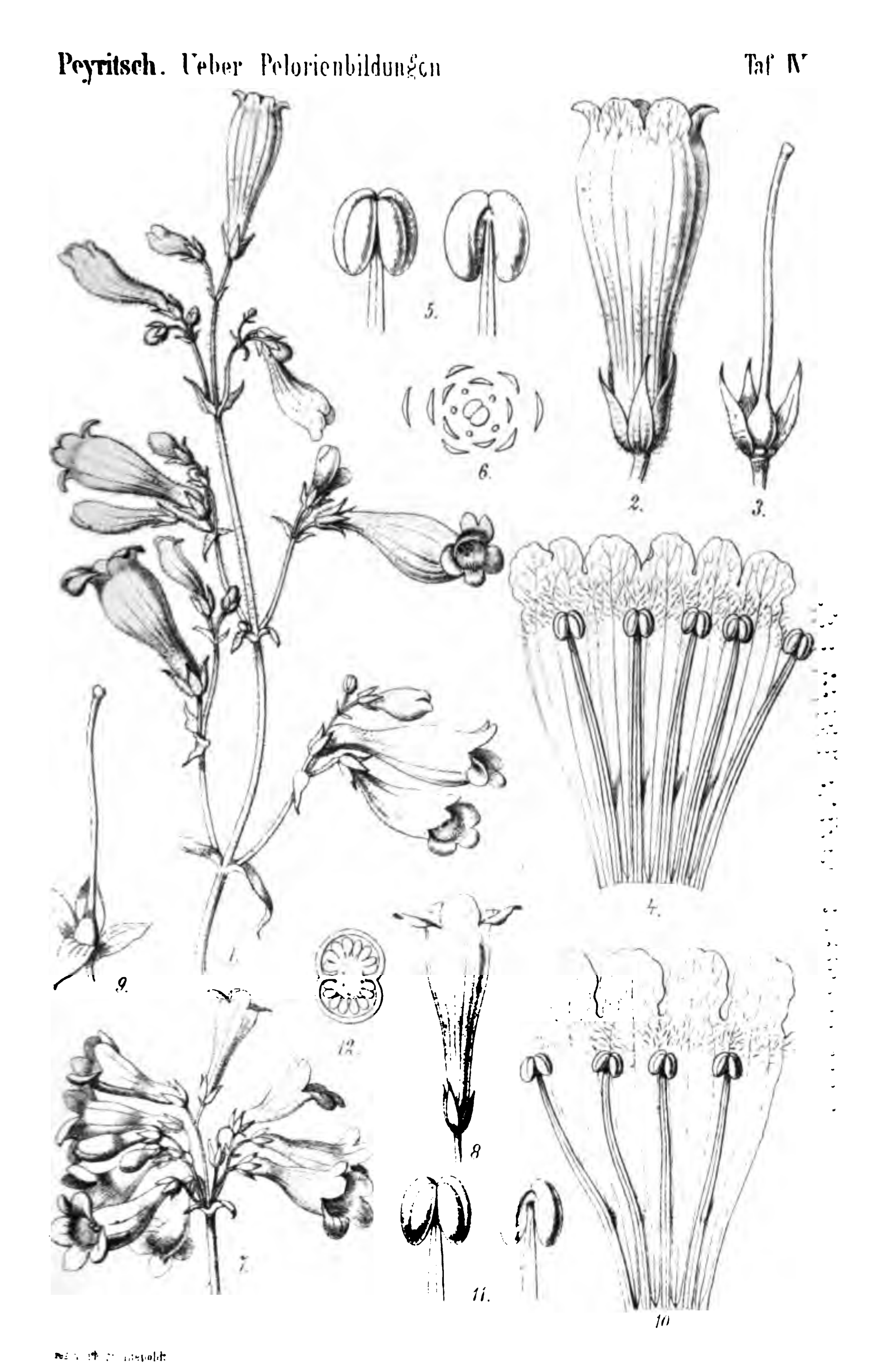
Im Jahre 1871 und 1872 traf ich bei zwei Exemplaren an der Spitze einer Inflorescenz eine zwar nicht ganz typisch ausgebildete Pelorie, die aber doch den Typus der Pelorienbildungen bei dieser Gattung erkennen liess. Es war nämlich das eine Kelchblatt noch sehr verbreitert und etwas concav, es fehlten aber die Honigbehälter. Auch Mittelbildungen zwischen pelorischen und zygomorphen Blüthen beobachtete ich mit nur einem einzigen ausgebildeten oder verkümmerten Honigbehälter. Fruchtblätter waren in dem Falle, der abgebildet wurde, drei vorhanden. Eine ähnliche Pelorienbildung wurde von Godron (Mem. Acad. Stanislas 1865, p. 12) bei *Aconitum Lycoctonum* beobachtet.

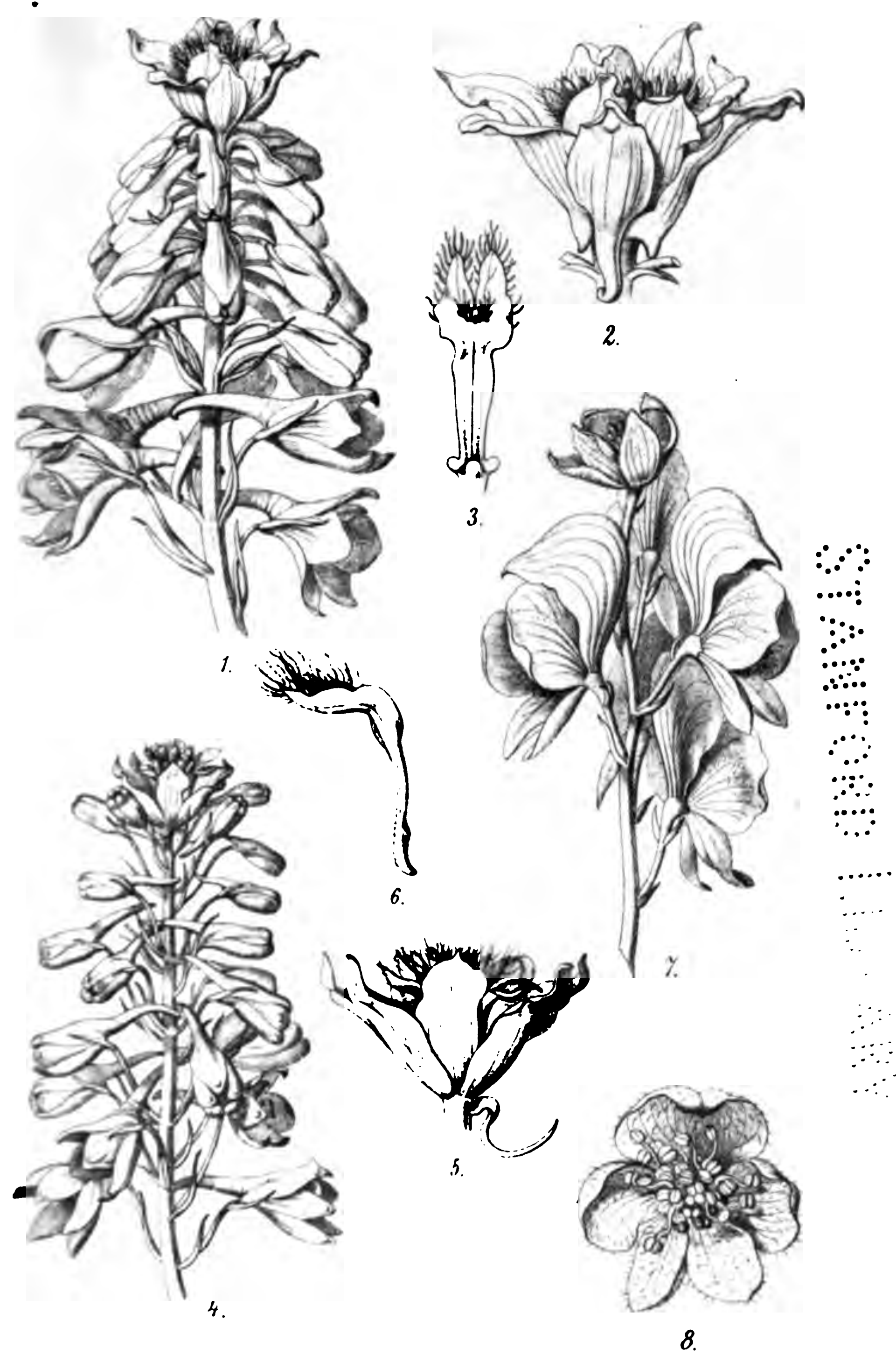
Fig. 7. Das obere Ende der Inflorescenz mit der Gipfelblüthe in natürl. Grösse.
„ 8. Die Gipfelblüthe derselben, 2mal vergr.


1.
2.
3.
4.
5.
6.
7
8
Gez u. lithogr. Liepoldt.


1.
2.
3.
4.
5.
6.


5.
6.
2.
3.
4.
9.
12.
8.
7.
11.
10.


5.
6.
2.
3.
4.
1.
9.
12.
8
7.
11.
10


1.
2.
3.
4.
5.
6.
7.
8.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

LXVI. Band.

ERSTE ABTHEILUNG.

9.

Enthält die Abhandlungen aus dem Gebiete der Mineralogie, Botanik, Zoologie, Geologie und Paläontologie.

XXIV. SITZUNG VOM 7. NOVEMBER 1872.

Herr Prof. Dr. Eduard Linnemann in Brünn dankt, mit Schreiben vom 1. November, für seine Wahl zum correspondirenden Mitgliede der Akademie.

Herr Prof. Dr. Th. Ritter v. Oppolzer legt eine Abhandlung vor, betitelt: „Nachweis für die im Berliner Jahrbuche für 1875 enthaltenen Ephemeriden der Planeten (58) Concordia, (59) Elpis, (62) Erato, (64) Angelina und (113) Amalthea".

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Académie Impériale des Sciences de St. Pétersbourg: Mémoires. VIIe Série. Tome XVI, Nrs. 9—14 (1871); Tome XVII, Nrs. 1—12 (1872); Tome XVIII, Nrs. 1—7 (1872). St. Pétersbourg; 4°. — Bulletin. Tome XVI, Nrs. 2—6 (1871); Tome XVII, Nrs. 1—3 (1871—72). St. Pétersbourg; 4°.

Accademia, Reale, dei Lincei: Atti. Tomo XXV., Anno XXV., Sessione 1^a—3^a. Roma, 1871—72; 4°.

Akademie der Wissenschaften, Königl. Schwedische: Handlingar. Ny Följd. VII. Bd. 2. Hft. (1868); VIII. Bd. (1869); IX. Bd. (1870). Stockholm, 1869—1871; 4°. — Öfversigt. XXVI. & XXVII. Årgången. Stockholm, 1870 & 1871; 8°. — Lefnadsteckningar. Bd. I, Hft. 2. Stockholm, 1870; 8°. — Meteorologiska Jakttagelser i Sverige. IX—XI. Bd. 1867—1869. Stockholm, 1869—1871; Quer-4°. — Carlson, F. F., Minnesteckning öfver Erik Gustaf Geijer. Stockholm, 1870; 8°.

Academy, The Wisconsin, of Sciences, Arts, and Letters: Bulletin. Nrs. 2—5. Madison. 1871; 8°. — Act of Incorporation. 8°.

Apotheker-Verein, Allgem, österr.: Zeitschrift. 10. Jahrg., Nr. 31. Wien, 1872; 8°.

Astronomische Nachrichten. Nr. 1908—1909. (Bd. 80. 12—13.) Altona, 1872; 4⁰.

Bericht über den Handel, die Industrie und die Verkehrsverhältnisse in Nieder-Österreich während des Jahres 1871. Erstattet von der Handels- und Gewerbekammer in Wien. Wien, 1872; 8⁰.

Gesellschaft, physikalische, zu Berlin: Die Fortschritte der Physik im Jahre 1868. XXIV. Jahrgang, 1. & 2. Abtheilung. Berlin, 1872; 8⁰. — Namen- und Sach-Register zu den Fortschritten der Physik. Band I bis XX. Berlin, 1872; 8⁰.

— naturforschende, in Bern: Mittheilungen aus den Jahren 1870 und 1871. Nr. 711—791. Bern, 1871 & 1872; 8⁰.

— der Wissenschaften, k. dänische: Skrifter. 5 Raekke, naturvidensk. og mathem. Afd. IX. Bd. 5. Kjøbenhavn, 1871; 4⁰. — Oversigt i Aaret 1871, Nr. 2. Kjøbenhavn; 8⁰.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXIII. Jahrgang. Nr. 43—44. Wien, 1872; 4⁰.

Hayden, F. V., Preliminary Report of the United States Geological Survey of Montana and Portions of adjacent Territories etc. Washington, 1872; 8⁰. — On the Yellowstone Park. 8⁰.

Institut Egyptien: Mémoires ou travaux originaux. Tome Ier. Paris, 1862; 4⁰. — Bulletin. Années 1859—1871, Nrs. 1—11. Alexandrie, 1859—1872; 8⁰.

Jahrbuch, Neues, für Pharmacie und verwandte Fächer, von F. Vorwerk. Band XXXVIII, Heft 2. Speyer, 1872; 8⁰.

Journal für praktische Chemie, von H. Kolbe. N. F. Band VI, 3. Heft. Leipzig, 1872; 8⁰.

Landbote, Der steirische. 5. Jahrg, Nr. 22. Graz, 1872; 4⁰.

Landwirthschafts-Gesellschaft, k. k.; in Wien: Verhandlungen und Mittheilungen. Jahrgang 1872, Nr. 20—21. Wien; 8⁰.

Lüttich, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften aus d. J. 1868—1869. 8⁰ & 4⁰.

Nature. Nrs. 156—157, Vol. VI. London, 1872; 4⁰.

Report, Annual, of the Board of Supervisors of the Louisiana State University, for the Year ending December 31, 1870. Session of 1871. New Orleans, 1871; 8⁰.

„Revue politique et littéraire“ et „La Revue scientifique de la France et de l'étranger. IIe Année, 2e Série, Nrs. 17—18. Paris & Bruxelles, 1872; 4⁰.

Riccardi, P., Biblioteca matematica Italiana. Fasc. 4⁰. Modena. 1872; 4⁰.

Society, The Wisconsin State Agricultural: Transactions. Vol. VIII & IX. (1869 & 1870.) Madison, 1870—71; 8⁰.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXII. Jahrgang, Nr. 43—44. Wien, 1872; 4⁰.

Young, Edward, Special Report on Immigration; accompanying Information for Immigrants etc. Washington, 1872; 8⁰.

XXV. SITZUNG VOM 14. NOVEMBER 1872.

Herr Prof. Dr. J. Boehm überreicht eine Abhandlung: „Über die Bildung von Sauerstoff durch grüne, in kohlensäurehältiges Wasser getauchte Landpflanzen."

Derselbe macht ferner folgende für den Anzeiger bestimmte vorläufige Mittheilungen:

1. Grüne Landpflanzen bilden bisweilen in kohlensäurehältiger Atmosphäre dem Volumen nach mehr Sauerstoff, als von der in Verwendung gekommenen Kohlensäure zerlegt wurde.
2. Die Spiralgefässe führen den Holzzellen den zu ihrer normalen Function unentbehrlichen Sauerstoff zu. Die in ihnen enthaltene Luft ist stets sauerstoffärmer als die der Atmosphäre.
3. Die Spiralgefässe im absterbenden Holze erfüllen sich nicht nur mit Thyllen, sondern auch, und zwar viel öfter, mit einer gummi- oder harzartigen Substanz, wodurch dieselben für Luft völlig impermeabel werden. — Nur bei wenigen Pflanzen bleiben die Spiralgefässe im erkrankten Holze leer.

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Akademie der Wissenschaften und Künste, Südslavische: Rad. Knjiga XX. U Zagrebu, 1872; 8°.

Apotheker-Verein, Allgem. österr.: Zeitschrift. 10. Jahrgang, Nr. 32. Wien, 1872; 8°.

Astronomische Nachrichten. Nr. 1906—1907 (Bd. 80. 10.) Altona, 1872; 4°.

Beobachtungen, Schweizerische meteorologische. Mai—Juli 1871. Zürich, 4°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXV, Nrs. 16—18.. Paris, 1872; 4°.

Fayrer, J., The Thanotophidia of India, being a Description of the venemous Snakes of the Indian Peninsula etc. London, 1872; Folio.

Genootschap, Bataviaasch, van Kunsten en Wetenschappen: Tijdschrift voor indische taal-, land- en volkenkunde. Deel XVIII (Zesde Serie. Deel I), Aflev. 3—4; Deel XX (Zevende Serie. Deel I.) Aflev. 3. Batavia & 's Hage, 1871 & 1872; 8⁰. — Notulen. Deel IX. 1871. Batavia, 1872; 8⁰. — Eerste Vervolg Catalogus der Bibliotheek en Catalogus der Maleische, Javaansche en Kawi Handschriften. Batavia & 's Hage, 1872; 8⁰.

Gesellschaft, geographische, in Wien: Mittheilungen. Bd. XV (neuer Folge V.), Nr. 10. Wien, 1872; 8⁰.

— österr., für Meteorologie: Zeitschrift. VII. Band, Nr. 20—21. Wien, 1872; 4⁰.

— k. physikalisch-ökonomische, zu Königsberg: Schriften. XII. Jahrg. (1871), I. & II. Abtheilung; XIII. Jahrg. (1872). I. Abtheilung. Königsberg; 4⁰. — Geologische Karte der Prov. Preussen. Sect. 5. Jura. Folio.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXIII. Jahrgang, Nr. 45. Wien, 1872; 4⁰.

Hamburg, Stadtbibliothek: Gelegenheitsschriften aus den Jahren 1871 & 1872. 4⁰.

Kasan, Universität: Denkschriften. Histor.-philolog. und polit.-juristische Abtheilung. 1864. I—II. — Physikal.-mathem. und medicin. Abtheilung 1864. I—II. 1865. Bd. I. — Sitzungsberichte. 1865. Bd. I. — Sitzungsberichte und Denkschriften. 1866. I—VI; 1868. I—VI; 1869. I—III. Kasan; 8⁰. — A. Popov, Theorie der Wellen. Kasan, 1868: 4⁰. (Sämmtlich in russischer Sprache.)

Küsten-Karten des Adriatischen Meeres. Nr. 1—15. Folio.

Landbote, Der steirische. 5. Jahrgang, Nr. 23. Graz, 1872; 4⁰.

Lesehalle, Akademische, in Wien: II. Jahresbericht. Wien, 1872; 8⁰.

Mittheilungen aus J. Perthes' geographischer Anstalt. 18. Band, 1872. Heft X. Gotha; 4⁰.

Moniteur scientifique par Quesneville. 3ᵉ Série. Tome II. 371ᵉ Livraison. Paris, 1872; 4⁰.

Nature. Nr. 158, Vol. VII. London, 1872; 4⁰.

Observations, Astronomical, made at the Royal Observatory, Edinburgh. Vol. XIII. for 1860—1869. Edinburgh, 1871; 4⁰.

Onderzoekingen gedaan in het Physiologisch Laboratorium der Utrechtsche Hoogeschool. Derde Reeks. I. Aflev. III. Utrecht, 1872; 8⁰.

Reichsanstalt, k. k. geologische: Jahrbuch. Jahrgang 1872. XXII. Band, Nr. 3. Wien; 4⁰.

Repertorium für Experimental-Physik etc. Von Ph. Carl. VIII. Band, 3. & 4. Heft. München, 1872; 8⁰.

„Revue politique et littéraire" et „La Revue scientifique de la France et de l'étranger." II[e] Année, 2[e] Série Nr. 19. Paris & Bruxelles, 1872; 4⁰.

Rostock, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften aus den Jahren 1871 & 1872. 4⁰ & 8⁰.

Société Impériale de Médecine de Constantinople: Gazette médicale d'Orient. XVI[e] Année, Nr. 5. Constantinople, 1872; 4⁰.

Society, The Asiatic, of Bengal: Journal. Part I, Nr. 3 (1871); Part II, Nr. 4 (1871); Parl I, Nr. 1 (1872); Part II, Nr. 1 (1872). Calcutta; 8⁰. — Proceedings. Nr. XI. 1870; Nrs. I, XII & XIII, 1871; Nrs. I—V, 1872. Calcutta; 8⁰.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXII. Jahrgang, Nr. 45. Wien, 1872; 4⁰.

Über die Bildung von Sauerstoff durch grüne in kohlensäurehältiges Wasser getauchte Landpflanzen.

Von Prof. Dr. **Jos. Boehm.**

(Mit 1 Tafel.)

Die Versuche über die Zerlegung der Kohlensäure durch grüne Landpflanzen unter Einwirkung des Lichtes wurden bis in die neuere Zeit stets in kohlensäurehältigem Wasser gemacht.

Diese Methode, welche zur Demonstration der erwähnten Function grüner Landpflanzen sehr bequem ist, wurde jedoch für streng wissenschaftliche Untersuchungen insbesondere deshalb aufgegeben, weil dabei die Versuchsobjecte unter ganz abnormen Verhältnissen zu fungiren gezwungen sind.

Es muss in der That bei genauerer Erwägung sicher recht auffallend erscheinen, dass untergetauchte Landpflanzen sich unverzüglich den neuen Verhältnissen accommodiren und mit ganz auffallender Energie die vom Wasser absorbirte Kohlensäure aufnehmen und zerlegen, ganz so, wie dies genuine Wasserpflanzen thun.

Hinsichtlich der Respiration liegt wohl der Vergleich zwischen Land- und Wasserpflanzen einerseits und Lungen- und Kiemenathmern anderseits sehr nahe. Bei den letzteren stellt man sich den Vorgang der Athmung so vor, dass einerseits der im Wasser absorbirte Sauerstoff unmittelbar ins Blut und anderseits die im Blute der Kiemen gelöste Kohlensäure directe ins umgebende Wasser diffundire. Eine gleiche Vorstellung hat man meines Wissens auch von der Respiration echter Wasserpflanzen.

Es schien mir nun sehr zweifelhaft und jedenfalls einer eingehenden Untersuchung werth, ob bei grünen, in kohlensäurehäl-

tiges Wasser getauchten Landpflanzen die Respiration in ähnlicher Weise wie bei den Kiemenathmern (und echten Wasserpflanzen) erfolge.

Bringt man ein grünes Blatt einer Landpflanze, welches man früher, um die adhärirende Luft zu entfernen, unter Wasser sorgfältig benetzt hat, in kohlensäurehältiges Wasser, so bedeckt sich dasselbe alsbald auch im Dunkeln mit einer grossen Anzahl von Bläschen. Besitzt das Blatt nur auf einer Seite Spaltöffnungen, so zeigt sich die Erscheinung insbesonders nur auf dieser Seite. — Die Zahl der Bläschen und deren Wachsthum ist um so bedeutender, je kohlensäurereicher das Wasser ist. — Macht man den Versuch mit beblätterten Zweigspitzen von *Pinus silvestris*, so vernimmt man sogar ein auffallendes, durch das Entweichen der Gasbläschen bedingtes Knistern.

Aus kohlensäurehältigem Wasser[1] in welches man Blätter grüner Landpflanzen oder Zweigspitzen von Nadelhölzern bringt, scheidet sich in verdunkelten Apparaten, Fig. 1, an der Sonne (d. i. bei hinreichender Temperatur) innerhalb 5—6 Stunden eine gar nicht unbedeutende Menge von Gas ab, welches zum grössten Theile aus Kohlensäure, Stickstoff und einer sehr geringen Menge von Sauerstoff besteht, wie aus folgender Tabelle, die nur

---

[1] Das kohlensäurehältige Wasser bereite ich mir mittelst eines nach Art der Döbereiner'schen Zündmaschine construirten Apparates aus Marmor und Salzsäure. Um die entbundene Kohlensäure von den letzten Resten der mitgerissenen Salzsäure zu befreien, wird dieselbe in kreidehältigem Wasser und in einer Lösung von salpetersaurem Silberoxyde gewaschen, über angefeuchtete Stücke von Kreide und Glas geleitet und dann in eine Flasche gedrückt, welche mit einem doppelt durchbohrten Kautschukstöpsel verschlossen ist. In die zweite Öffnung dieses Stöpsels wird ein heberförmig gebogenes, bis an den Boden der Flasche reichendes Glasrohr, über dessen äusseres Schenkelende ein Kautschukschlauch gesteckt ist, eingesenkt. Die zuerst ganz mit Wasser gefüllte Flasche wird vermittelst des Kautschukschlauches zur Hälfte entleert, dann das Abflussrohr mit einem Glasstöpsel verschlossen und die Flasche solange geschüttelt, als noch Kohlensäure absorbirt wird.

Unterhalb mit Kohlensäure gesättigtem Wasser verstehe ich im Folgenden solches, welches durch Schütteln mit Kohlensäure gesättiget, und dann mit einem gleichen Volumen gewöhnlichen Wassers gemischt wurde.

die Resultate einer kleinen Anzahl der gemachten Versuche enthält, ersichtlich ist*.

Versuchszeit	Versuchsobjecte	Abgeschiedene Gasmenge in CC.	Rest dies. Gases nach Behandlung mit Kalilauge, auf 0° u. 1 Mtr. Druck reducirt, in CC.	Sauerstoffgehalt dieses Gases in Procenten ***
4. Sept. 1867	*Platanus orien.* 3 Blätter	130	2·29	7·95
6. August 1869	"	134	3·42	6·27
" " "	"	140	4·57	4·13
24. Juli 1870	"	129	5·82	5·81
6. August 1869	*Juglans regia* 4 Blätter	147	3·51	4·62
" " "	"	138	4·03	5·37
24. Juli 1870	"	120	4·62	0·53 **
" " "	*Pinus silvestris* 12 Zweigspitzen	131	2·8	3·51

Der Umstand, dass grüne, in kohlensäurehältiges Wasser eingetauchte Landpflanzen auch im Dunkeln nicht unbedeutende

---

* Diese Versuche wurden mit 750 CC. fassenden Röhren in beiläufig zur Hälfte mit Kohlensäure gesättigtem Wasser gemacht. Vor den Versuchen wurden die oberen Hälften der mit Wasser gefüllten Röhren von 5 zu 5 CC. mit Luft kalibrirt. Die Verdunklung der Apparate geschah mittelst Hülsen, welche in dreifacher Lage aus schwarzem Tuche gefertiget waren. Die Temperatur innerhalb der Hülsen stieg bei keinem Versuche über 33° C.

** Bei diesem Versuche ragte ein Stück des Blattes in das abgeschiedene Gas. Wenn dies bei einem grösseren Theile der Versuchsobjecte der Fall ist, so findet man in dem abgeschiedenen Gase oft keine Spur von Sauerstoff. — Um bei eintretender Gasabscheidung ein Aufsteigen der Blätter oder Zweige zu verhindern, wurden die zuerst eingeschobenen Objecte an einem feinen Messingdrahte in der aus der Fig. 1 ersichtlichen Weise befestigt.

*** Die Resultate derartiger Versuche (Abscheidung von sauerstoffhältigen Gasen durch grüne, in kohlensaures Wasser getauchte Landpflanzen) verleiteten mich seinerzeit zu der völlig irrigen Annahme, dass grüne Pflanzen auch vermittelst der Wärmestrahlen die Kohlensäure, wenn auch nur in sehr geringer Menge zu zersetzen im Stande seien.

Gasmengen abscheiden, bestärkte mich in meinem Bedenken gegen die bisherige Annahme, dass dieselben bei der Insolation unter den genannten Verhältnissen anders fungiren, als wenn sie in kohlensäurehältiger Luft dem Sonnenlichte ausgesetzt werden.

In Gefässen mit kohlensäurehältigem Wasser, welches aber noch weit entfernt ist, mit diesem Gase gesättigt zu sein, scheiden sich bekanntlich an den Wänden, besonders wenn diese rauh sind, selbst bei kaum erhöhter Temperatur und fast unverändertem Barometerstande Gasblasen ab[1]. Dass diese Gasabscheidung bei den in kohlensäurehältiges Wasser getauchten Pflanzen in Folge der Diffusion zwischen den in der Pflanze enthaltenen und den von Wasser absorbirten Gasen eine viel lebhaftere sein muss, ist natürlich. Ebenso natürlich ist es auch, dass bei Blättern, welche nur auf einer Seite Spaltöffnungen besitzen, sich nur diese Seite besonders mit Bläschen bedeckt.

In Folge dieser Thatsachen und der daran geknüpften Reflexionen schien es mir nun sehr wahrscheinlich, dass die in kohlensäurehältiges Wasser getauchten Landpflanzen sich zuerst mehr weniger vollständig mit einer kohlensäurehältigen Atmosphäre bekleiden und dann bezüglich der Sauerstoffausscheidung gerade so verhalten wie in ihrem natürlichen Medium.

Diese Hypothese suchte ich auf dreierlei Weisen zu prüfen.

1. Methode.

Dass die Gasabscheidung durch insolirte grüne Pflanzen in kohlensäurehaltigem Wasser lebhafter erfolgt als bei gleicher Temperatur im Dunkeln, ergibt sich als nothwendige Consequenz meiner dargelegten Voraussetzung. Die in Folge einfacher Diffusion auch im Dunkeln besonders über den Spaltöffnungen entstandenen Bläschen bestehen aus Kohlensäure, Stickstoff und Sauerstoff. Durch die Assimilationsthätigkeit der grünen Blätter wird nun der Inhalt des Bläschens immer sauerstoffreicher und so die Bedingung zu weiterer Diffusion mit den in dem Versuchswasser vorhandenen Gasen geschaffen. Die grössten Bläs-

[1] Bei Wässern, welche viel Carbonate der alkalischen Erden in Lösung enthalten, dürfte deren Ausscheidung hiebei eine wichtige Rolle spielen.

chen lösen sich ab und an derselben Stelle beginnt das Spiel wieder von Neuem.

Es ist bekannt, dass grüne Landpflanzen in mit Kohlensäure gesättigtem oder doch kohlensäurereichem Wasser nur vorzüglich Kohlensäure, etwas Stickgas und nur sehr wenig Sauerstoff abscheiden. — Bei einer grossen Anzahl diesbezüglicher Versuche mit Blättern von Juglans fand ich die unter Einfluss des directen Sonnenlichtes aus mit Kohlensäure gesättigtem Wasser während der ersten 15 Minuten ausgeschiedene Luft nicht reicher an Sauerstoff, als das unter sonst gleichen Umständen, aber erst nach längerer Zeit im Dunkeln ausgeschiedene Gas.

Boussingault[1] hat darauf aufmerksam gemacht, dass die Sauerstoffbildung durch grüne Blätter am Sonnenlichte in reiner Kohlensäure eine sehr unbedeutende sei. Boussingault gibt an, dass die Menge des von Kirschlorbeerblättern aus reiner Kohlensäure gebildeten Sauerstoffes sich zu dem, welcher aus mit indifferenten Gasen verdünnter Kohlensäure gebildet wird, durchschnittlich wie 1 zu 5 verhalte.

Ich habe in den Sommermonaten Juli, August und September von 1869 bis 1872 zusammen 36 Versuche mit Juglansblättern in reiner Kohlensäure am Lichte gemacht. Selbst nach 6stündiger ungetrübter Insolation betrug die Menge der zerlegten Kohlensäure nie mehr als 0·3 CC.; in den meisten Fällen aber und stets, wenn die Versuche im zerstreuten Lichte gemacht wurden, war die Menge des gebildeten Sauerstoffes kaum nachweisbar.

Eine etwas grössere Fähigkeit, aus reiner Kohlensäure Sauerstoff abzuscheiden, scheinen die Blätter von Platanus zu besitzen. Bei sechs diesbezüglichen Versuchen am 7. September 1870 betrug die Menge des gebildeten Sauerstoffes 8·4, 3·1, 2·6, 1·4, 0·7, 0·0 (?) CC.[2].

---

[1] Boussingault, Compt. rend. 1865, t. 60, pag. 875.

[2] Ich habe diese Versuche grösstentheils zu einem anderen Zwecke: um das Verhalten von Landpflanzen in sauerstofffreier Luft kennen zu lernen, angestellt. Ich hoffe nun trotz meiner Überbürdung mit Schulstunden bald in die Lage zu kommen, die Resultate dieser durch vier Vegetationsperioden festgesetzten Arbeit zusammenzustellen und verweise bezüglich der dabei befolgten Untersuchungsmethode auf diese Abhandlung.

Das völlig gleiche Verhalten insolirter Landpflanzen in reiner Kohlensäure und in kohlensäuregesättigtem Wasser stimmt vollkommen mit unserer Voraussetzung, dass sich die Pflanzen in letzterem Falle vorerst mit einer Luftatmosphäre umgeben, überein. Es werden nämlich die hier auf den Versuchsblättern sich bildenden Bläschen besonders bei Beginn des Versuches zum grössten Theile aus Kohlensäure bestehen.

Das Wachsen der Bläschen auf den, in kohlensäurehältiges Wasser getauchten Blättern erfolgt unter sonst gleichen Verhältnissen bei verschleiertem Sonnenlichte viel langsamer, als bei ungetrübtem Himmel. Es ist dies in der langsameren Zerlegung der Kohlensäure und der dadurch verringerten Ursache zur Gasdiffusion begründet. Aber auch bei ungetrübtem Sonnenschein geschieht die Zerlegung der in den Bläschen enthaltenen Kohlensäure natürlich nicht momentan. Diese Zerlegung müsste offenbar nur sehr unbedeutend werden, wenn die auf den Versuchsblättern sich ausscheidenden Gasbläschen nur möglichst kurze Zeit mit jenen in Berührung bleiben würden. Ich machte zu diesem Zwecke nun folgende Versuche.

Auf dem Boden einer 45 Ctm. weiten und 8 Ctm. hohen, inwendig weiss lackirten und mit halb mit Kohlensäure gesättigtem Wasser gefüllten Blechwanne wurden Blätter von Juglans und Platanus, die Unterseiten derselben nach aufwärts gekehrt, ausgebreitet und durch, auf deren Ränder gelegte Marmorstückchen, in dieser Lage befestiget, Fig. 2. Die Versuche wurden stets mit je zwei Blättern derselben Art gemacht. Über jedes derselben wurde in einer Entfernung von beiläufig 4 Ctm. ein, mit dem Wasser der Wanne gefüllter Glassturz, von 75 Mm. Lumen, in der aus der Fig. 2 ersichtlichen Weise, mittelst eines eisernen Hälters befestigt [1].

Der Apparat wird an einer von der Sonne beschienenen Stelle aufgestellt. — Während das Blatt *a* seinem Schicksale überlassen blieb, wurde die Oberfläche des Blattes *b* mittelst

[1] Zwischen dem Eisenringe und dem Glascylinder müssen Korkblätter eingeschaltet werden, denn sonst wird der Glascylinder in Folge seiner im Vergleiche mit dem Eisenringe grösseren Ausdehnung durch die Wärme während des Versuches zerdrückt.

einer durch mehrere Stunden ausgekochten Vogelfeder auf das sorgfältigste gebürstet und so jede sichtbare Blasenbildung verhindert. Es wurden im Ganzen an sonnenklaren Tagen in den Jahren von 1869 bis 1871 acht Doppelversuche mit Blättern von *Juglans regia* und *Platanus orientalis* gemacht. In allen Fällen war die Menge des von den gebürsteten Blättern abgeschiedenen Gases bedeutend geringer als von den nicht gebürsteten. — Da die Scheidung dieser so gewonnenen Gase von Wasser, behufs eudiometrischer Untersuchung nur unter Wasser geschehen konnte, wobei die Zusammensetzung des Gases in Folge von Absorption und Diffusion nothwendiger Weise alterirt, besonders aber ein Theil der enthalten gewesenen Kohlensäure absorbirt worden wäre, so habe ich lieber die Kohlensäure gleich durch Kalilauge absorbirt. Es geschah dies so:

Nachdem die Blätter entfernt und die Glascylinder auf den Boden der Wasserwanne gesenkt waren, wurden die Glascylinder auf einer geeigneten Porcellanschale in einen grossen, mit Wasser gefüllten Behälter übertragen und das Gas sodann in der aus der Fig. 3 ersichtlichen Weise in die früher vorgerichteten Röhren *a* und *b* gefüllt. Letztere sind mittelst eines Kautschukschlauches mit einander verbunden. Die ziemlich concentrirte Kalilauge in der Röhre *b* war von dem Wasser in der Röhre *a* durch einen Schraubenquetscher geschieden.

Nachdem das Gas vermittelst des Trichters *c* nach *a* übergefüllt war, wurde der Trichter entfernt, der Quetscher gelüftet und durch Schütteln von *b* oder leises wiederholtes Aufstossen von *a* das Gas nach *b* gebracht. Nach Schliessung des Quetschers wurde die Röhre *b* abgenommen.

Um das Gas von der überschüssigen Kalilauge zu trennen, wurde das Ende des Kautschukschlauches *d*, Fig. 4, mit Quecksilber gefüllt, eine allenfalls zurückgebliebene Gasblase mittelst eines Eisendrahtes entfernt und dann die mit Quecksilber gefüllte Röhre *e* aufgesetzt. Bei einiger Vorsicht gelingt es leicht, sämmtliches Gas ohne Kalilauge nach *e* überzuführen. — Die weiteren Operationen, um das so von Wasser geschiedene und von Kohlensäure befreite Gas in die Messröhren oder Eudiometer zu bringen, verstehen sich von selbst.

Ich stelle die Resultate sämmtlicher in dieser Richtung gemachten Versuche in folgender Tabelle zusammen.

Versuchszeit	Versuchsobject	Cylinderweite	Abgeschiedene Gasmenge ohne Kohlensäure bei 0° und 1 Mtr. Druck		Sauerstoffgehalt dieses Gases in Procenten	
			a) nicht gebürstet	*b)* gebürstet	*a)* nicht gebürstet	*b)* gebürstet
25. Juli 1870	*Platanus*	75 Millimeter	20·87	2·13	75·16	32·71
26. Juli 1870	*Juglans*		16·77	3·70	76·99	39·56
30. Aug. 1871	*Platanus*		22·27	2·37	82·61	32·17
5. Sept. 1871	*Juglans*		20·45	3·17	84·91	33·83
22. Juli 1872	*Platanus*		22·27	1·79	85·37	28·94
25. Juli 1872	*Juglans*		19·21	3·62	78·73	41·27
31. Juli 1872	*Platanus*		37·25	3·25	92·46	36·24
1. Aug. 1872	*Juglans*		21·52	2·93	79·24	34·52

Aus dieser Tabelle ist, unserer Voraussetzung entsprechend, ersichtlich:

1. Dass die von den sich selbst überlassenen Blättern abgeschiedenen Gasmengen durchgehends grösser sind als die von den gebürsteten.
2. Dass die Gase der ersten Gruppe viel reicher an Sauerstoff sind, als die der zweiten.

Immerhin enthalten aber auch die Gase der Gruppe *b)* noch ziemlich viel Sauerstoff. Seine Quelle ist zweifellos eine doppelte; er stammt sicher theilweise aus dem Versuchswasser, zum Theile aber auch aus zerlegter Kohlensäure. Um hierüber wenigstens annähernd ins Klare zu kommen, habe ich folgende vier Versuche gemacht, deren Resultate ich zur besseren Übersicht unten in einer kleinen Tabelle zusammengestellt habe.

1. Versuch. In den 20 Ctm. hohen, 2700 CC. fassenden, mit gewöhnlichem (filtrirtem Donau-) Wasser gefüllten Glascylinder Fig. 5* wurden beiläufig 400 CC. Kohlensäure eingeleitet

* Die Art und Weise der Füllung solcher Cylinder wird durch einen Blick auf die Fig. 5 klar. *c* ist ein U-förmig gebogenes Glasrohr, über dessen beide Enden vulkanisirte Kautschukschläuche von geeigneter Länge geschoben sind. Der Cylinder *b* braucht nur so hoch und weit zu sein, dass nach vollständiger Aussaugung der Luft aus *a* das Rohr *c* leicht entfernt werden kann. *d* ist das Wasserzuleitungsrohr.

und diese sammt dem, im Cylinder zurückgebliebenen Wasser mit Quecksilber abgesperrt. Durch Nachfüllen von Quecksilber wurde der Stand desselben während der Absorption der Kohlensäure in- und ausserhalb des Cylinders stets, wenigstens ziemlich gleich hoch erhalten. — Die Zimmertemperatur betrug zwischen 20° und 21° C. — Nach 24 Stunden wurde das in dem Cylinder zurückgebliebene Gas in der oben beschriebenen Weise von Wasser getrennt, von Kohlensäure befreit und analysirt.

2. Versuch. Gleichzeitig mit dem früheren Versuche wurde ein 2170 CC. fassender Cylinder in gleicher Weise mit (durch Schütteln) kohlensäuregesättigtem Wasser gefüllt und dann gegen 200 CC. Kohlensäure eingeleitet.

3. Versuch. Bei dem Versuche am 30. August 1871 der vorigen Tabelle wurde neben den zwei Cylindern über den *Platanus*-Blättern ein dritter ganz gleich grosser in gleicher Weise aufgestellt, auf den Boden der Blechwanne aber statt eines Blattes ein in Salpetersäure blank gekochtes Platinblech von 30·25 □Ctm. Flächeninhalt gelegt.

4. Versuch. Bei dem Versuche am 25. Juli 1872 der vorigen Tabelle wurde ein ganz gleicher Versuch wie der eben sub 3 beschriebene Versuch gemacht, nur wurde auf den Grund der Blechwanne statt des Platinbleches eine durch zwei Stunden unmittelbar zuvor ausgekochte Federfahne gelegt.

Die eudiometrische Analyse der bei diesen Versuchen erhaltenen Gase ergab Folgendes:

	Gasmenge nach Entfernung der Kohlensäure, bei 0° und 1 Mtr. Druck, in CC.	Sauerstoffgehalt in Procenten.
1. Versuch 1. August 1870	8·82	17·44
2. Versuch 1. August 1870	2·56	28·56
3. Versuch 30. August 1871	2·71	19·85
4. Versuch 25. Juli 1872	1·64	18·97

Diese Versuche zeigen, dass mindestens die Hälfte des Sauerstoffes, welcher in den von den gebürsteten Blättern abgeschiedenen Gasen gefunden wurde, aus dem Versuchswasser stammt.

Die Schlussfolgerung aus allen bisher angeführten Versuchsresultaten ergibt sich von selbst. Sind diese auch kein ausreichender Beweis für unsere Hypothese, so widersprechen sie derselben nicht nur nicht, sondern machen deren Richtigkeit im Gegentheile mindestens sehr wahrscheinlich.

II. Methode.

Wenn unsere Ansicht über die Sauerstoffbildung durch grüne, in kohlensäurehältiges Wasser getauchte Landpflanzen am Sonnenlichte richtig ist, so muss die Gasabscheidung ganz unterbleiben, wenn der Absorptionscoëfficient des Wassers für die in Betracht kommenden Gase, insbesondere für Kohlensäure, erhöht wird. Es kann dies bekanntlich auf zweierlei Weise geschehen:

α) durch Erniedrigung der Temperatur,

β) durch Anwendung von Druck.

α) Versuch bei niederer Temperatur.

Schon Cloez und Gratiolet[1] haben beobachtet, dass die Zerlegung der Kohlensäure durch Wasserpflanzen nicht unter 15°, respective 10° C. erfolge.

Ich habe meine diesbezüglichen Versuche in (natürlich unverhüllten) Apparaten von der in Fig. 2 abgebildeten Construction gemacht. Um zu verhindern, dass die Temperatur des kohlensäurehältigen Wassers in den während des Versuches insolirten Röhren nicht zu hoch steige, wurden die Apparate in Glascylinder von geeigneter Grösse gestellt und in das Wasser der letzteren Eisstücke eingesenkt. Wenn man dafür sorgt, dass stets ziemlich gleich viel Wasser und Eis in dem Kühlgefässe vorhanden ist, so bleibt bei gleichförmiger Insolation die Tem-

---

[1] Cloez et Gratiolet. Compt. rend. tom. 31. pag. 626.

peratur des Kühlwassers ziemlich constant. In 7 Liter fassenden Cylindern von 47 Centm. Höhe und 16 Centm. Weite erhielt sich dasselbe an heissen Augusttagen während der ganzen Versuchszeit zwischen 11 und 12° C. — Aus mehr als zur Hälfte mit Kohlensäure gesättigtem Wasser scheiden bei dieser Temperatur die Blätter von *Juglans* und *Platanus* nicht eine einzige Gasblase ab. Die Gasabscheidung beginnt erst, wenn die Temperatur des Wassers über 15° C. steigt, und ist da noch eine recht langsame.

Diese Thatsachen würden jedoch für unsere Hypothese natürlich nichts beweisen, wenn die zu den Versuchen verwendeten Blätter überhaupt der Fähigkeit entbehren würden, unter 15° bei sonst gleichen, d. i. für die in Rede stehende Function günstigen Umständen die Kohlensäure zu zerlegen. Um mich hierüber zu unterrichten, habe ich folgende Versuche gemacht.

Es wurden Blätter von *Juglans* in mit Quecksilber abgesperrte Gasgemische von Kohlensäure und Wasserstoff gebracht, und die Apparate in einen insolirten Glascylinder gestellt, dessen Wasser mittelst Eis an der Sonne bei einer Temperatur zwischen 12 und 15° C. erhalten wurde. Die Exposition dauerte von 9 bis 3 Uhr. Bei der eudiometrischen Analyse zeigten die Gase der zwei Versuchsreihen in je drei Apparaten folgende Zusammensetzung:

		Angewendete Gasmenge auf 0° und 1 Mtr. Druck reducirt. in CC.	Procentgehalt an	
			Kohlensäure	Sauerstoff
		1. Versuchsreihe.		
29. Juli 1870	*a*	16·73	13·46	12·57
	b	17·43	11·72	18·41
	c	14·24	8·35	17·03
		2. Versuchsreihe.		
21. Aug. 1871	*a*	21·35	15·43	12·28
	b	18·54	19·75	11·26
	c	17·39	16·53	10·57 *

* Diese Versuche wurden in Röhren von 20 Ctm. Länge gemacht. Nachdem dieselben mit Wasser gefüllt waren, wurde in jede ein früher gewaschenes und dann zusammengerolltes Blatt eingeschoben und mittelst

Um zu erfahren, ob die Zerlegung der Kohlensäure durch *Juglans*-Blätter nicht auch bei einer niederen Temperatur erfolge, wurden als Kühlgefässe $2^1/_2$ Ltr. hältige Cylinder verwendet. In diesen erhielt sich die Temperatur während der Insolation zwischen 9 und 10° C. Es wurden im Ganzen zwei derartige Versuchsreihen mit je sechs Apparaten gemacht, deren Resultate in der folgenden Tabelle zusammengestellt sind.

		Angewendete Gasmenge auf 0° und 1 Mtr. Druck reducirt, in CC.	Procentgehalt an	
			Kohlensäure	Sauerstoff
		1. Versuchsreihe		
23. Aug. 1871	*a*	15·24	17·97	9·38
	b	19·53	19·74	8·85
	c	21·71	14·87	11·25
	d	18·53	38·52	4·71
	e	17·68	41·25	3·46
	f	19·36	44·28	2·79
		2. Versuchsreihe.		
21. Juli 1872	*a*	15·84	38·26	2·87
	b	17·66	19·42	15·68
	c	16·24	18·43	8·57
	d	20·73	21·55	7·38
	e	19·82	42·51	3·06
	f	16.05	47·42	4·21

---

eines Glasstabes in die Tiefe, geführt. Dann wurde in einer Wanne das Wasser durch frisch entwickeltes Kohlensäure- und Wasserstoffgas vollständig verdrängt, die mit dem Daumen verschlossene Röhre in die Quecksilberwanne übertragen und nach 10—15 Minuten langem Stehen durch Neigen derselben einige Cubikcentimeter Gas entleert. Unter jede Röhre wurde sodann ein passendes Glasnäpfchen geführt, sammt diesem aus der Quecksilberwanne gehoben und, damit nach der Einsenkung des ganzen Apparates in das Kühlgefäss das Aufsteigen der Röhre sicher verhindert werde, diese mittelst Kork in das Näpfchen eingeklemmt. — Die quantitative Mischung der Gase wurde nach dem Augenmasse gemacht. Die Menge der ursprünglich im Versuchsgase vorhanden gewesenen Kohlensäure ergibt sich aus der Summe der Kohlensäure und des Sauerstoffes der Analyse. Letzteren habe ich stets durch Verbrennung mit Wasserstoffgas bestimmt.

Nebenbei, weil es hier eben darauf nicht ankommt, will ich bemerken, dass ich bei jeder Versuchsreihe drei ganz gleich grosse Fiederblätter

Diese Versuche zeigen also, dass *Juglans*-Blätter noch bei einer Temperatur Kohlensäure zerlegen, welche ziemlich bedeutend niederer als die ist, bei welcher sie aus kohlensäurehältigem Wasser Gas abzuscheiden anfangen[1].

Bemerkenswerth und lehrreich ist folgende Erscheinung, welche (allerdings nicht bei Landpflanzen) bereits von Cloez und Gratiolet bei *Potamogeton* und von Sachs bei *Vallisneria* beobachtet wurde. Wenn man nämlich die zu den Versuchen unter Eiswasser zusammengestellten, mit kohlensäurehältigem Wasser und *Juglans*-Blättern gefüllten Apparate anfangs an der Luft insolirt und erst, nachdem sich die Blätter über und über mit Gasbläschen bedeckt haben, in das Eiswasser einsenkt, so erfolgt noch bei 12° C. eine, wenn auch schwache Gasabscheidung. Die Ursache hierfür ist leicht einzusehen. Sowie aus freistehendem kohlensäurehältigen Wasser von der bezeichneten Temperatur die Kohlensäure in die Luft diffundirt, so diffundirt sie natürlich auch in die auf den Blättern bereits gebildeten Bläschen, um dort, wenn auch langsamer als bei höherer Temperatur, zerlegt zu werden.

Aus dieser Thatsache, welche auch anderseits hiermit ihre Erklärung findet, in Verbindung mit den anderen bisher referirten Versuchsresultaten, ergibt sich, wie ich glaube, mit Nothwendigkeit die Richtigkeit unserer Voraussetzung.

---

verwendete. — In denselben Cylinder mit dem Kühlwasser wurden auch zwei Apparate mit in kohlensäurehältiges Wasser getauchten Blättern von *Juglans* und *Platanus* gebracht. Bis zum Schlusse des Versuches zeigte sich hier keine einzige Gasblase, während in ganz gleichartigen, in der Luft insolirten Apparaten die Gasabscheidung eine sehr lebhafte war.

Bei dem Versuche f. 21. Juli 1872 konnte durch die eudiometrische Analyse gar kein Sauerstoff nachgewiesen werden. Dass aber auch hier, wenn gleich nur in sehr geringer Menge, Sauerstoff gebildet werden musste, werde ich bei einer anderen Gelegenheit zeigen.

[1] Sachs (Physiol. pag. 55) hat gewiss recht, wenn er meint, dass bei vielen im Winter, Herbste und Frühjahre vegetirenden Moosen und Flechten die Temperatur, bei welcher die Kohlensäure noch zerlegt wird, viel unter 10° C. liege. Nach Boussingault (Compt. rend. t. 68 pag. 410) beginnt die Zerlegung der Kohlensäure schon bei 0·5°—3·5° C. — Trotz wiederholter Versuche gelang es mir nicht, das Kühlwasser in hinreichend grossen Cylindern dauernd unter 9° C. zu erhalten.

Es war mir von Interesse, auf Grundlage eigener Versuche kennen zu lernen, wie sich echte Wasserpflanzen bezüglich der Sauerstoffbildung sowohl aus gasförmiger, als von Wasser absorbirter Kohlensäure verhalten. Ich bin hierüber noch zu keinem definitiven Abschlusse gekommen. Vorläufig theile ich nur mit, dass von *Potamogeton* aus zur Hälfte mit Kohlensäure gesättigtem Wasser bei 9° C. nur sehr wenig, bei *Myriophyllum verticillatum* schon bei 12° C. gar kein Gas mehr abgeschieden wurde. — In an der Luft insolirten Gasgemischen aus beiläufig $^1/_3$ Volum Kohlensäure und $^2/_3$ Volum Wasserstoff war die Sauerstoffbildung durch *Potamogeton* und *Myriophyllum* eine sehr ausgiebige. Die Resultate der Versuche in einer Mischung von Kohlensäure und Wasserstoff bei einer Temperatur von 9° C. lasse ich hier folgen.

Versuchszeit	Versuchsobject	Angewendete Gasmenge auf 0° und 1 Mtr. Druck reducirt in CC.	Procentgehalt an	
			Kohlensäure	Sauerstoff
31. Aug. 1871	*Potamogeton perfoliatus*	*a* 14·89	20·32	4·92
		b 16·27	15·63	6·21
	Myriophyllum verticillatum	*a* 14·59	33·59	0·46
		b 15·94	25·76	2·13

β) Versuche bei erhöhtem Drucke.

Ich gehe nun zur Besprechung jener Versuche über, bei welchen die in kohlensaures Wasser eingetauchten oder von kohlensäurehältiger Luft umgebenen grünen Pflanzentheile unter einen bestimmten Druck gesetzt wurden. Ich bediente mich hierbei der in Fig. 6 und 7 abgebildeten Apparate. — Apparat Fig. 6 besteht im Wesentlichen aus den zwei durch einen kurzen Kautschukschlauch verbundenen Röhren *a* und *b*. Nachdem das eine Ende von *a* schon früher zugeschmolzen worden war, wurde das Versuchsobject eingeschoben und dann der Röhre auch auf dem anderen Ende in der Flamme des Gasgebläses die richtige Form gegeben. Dieser Apparat wurde sowohl

zu Versuchen in kohlensäurehältigem Wasser als zu solchen in kohlensäurehältiger Luft verwendet. Nach der Füllung der Röhre *a* erfolgt deren Verbindung mit *b* in einem grösseren Wasserbehälter. Der Kautschukschlauch wird so weit über beide Röhrenenden geschoben, dass diese sich directe berühren. Der hier angelegte Verband muss, wenn man bei höherem Drucke zu arbeiten beabsichtiget, ein sehr sorgfältiger sein. Um ein Zerren des Kautschukschlauches und dessen Auftreibung zu verhindern, wird eine grössere Anzahl von Windungen des Bindfadens schief so angelegt, dass selbe beide Röhrenenden gleichzeitig treffen und dann noch besonders die Stelle zwischen den Röhrenenden durch weitere Windungen gedeckt.

Apparat Fig. 7 ist nur zu Versuchen mit Pflanzen in kohlensäurehältigem Wasser verwendbar. Seine Construction wird sofort ohne weitere Erklärung durch einen Blick auf die Zeichnung klar.

Aus einer grossen Anzahl von Versuchen stellte sich heraus, dass insolirte *Juglans*- und *Platanus*-Blätter aus beiläufig zur Hälfte mit Kohlensäure gesättigtem Wasser bei einem Drucke von 15 Zoll Quecksilber in der Regel gar kein Gas mehr abzuscheiden vermögen. In jedem Falle unterbleibt aber die Gasentbindung vollständig, wenn man die bei der Zusammenstellung der Apparate sorgfältig von adhärirenden Luftbläschen befreiten Blätter gleich unter einen Druck von 20 Zoll bringt.

Wir haben oben gesehen, dass die Gasabscheidung durch in kohlensäurehältiges Wasser getauchte Blätter von *Juglans* und *Platanus* noch bei einer Temperatur von 12° C. erfolgt, wenn man die Apparate nicht gleich in das gekühlte Wasser bringt, sondern sie zuerst an der Luft insolirt. — Ganz ähnlich verhält es sich bei Druckversuchen. Wurden die Blätter in den Apparaten Fig. 7 nicht gleich beim Beginne des Versuches unter Druck gesetzt [1], so bedeckten sich dieselben anfangs in normaler Weise

[1] Apparat Fig. 7 stellt jenen Fall dar, wo die Versuchsobjecte ursprünglich nur unter dem Drucke der Atmosphäre stehen. Will man gleich beim Beginne des Versuches einen höheren Druck anwenden, so füllt man aus einer kleinen Pipette mit sehr feiner Öffnung in die bereits sorgfältig eingebundene Manometerröhre Quecksilber bis zur gewünschten Höhe nach.

mit Bläschen und das Quecksilber fuhr in den Manometerröhren der Apparate meist noch zu steigen fort, nachdem es die Höhe von 15 Zoll bereits überschritten hatte. Bei diesen Versuchen unterblieb die weitere Gasabscheidung nur selten, so lange das Quecksilber unter 20 Zoll stand; einigemale stieg es sogar auf 33 Zoll. Die Gründe hierfür sind dieselben, wie die oben pag. 181 angegebenen [1], [2].

Die eben angeführten Versuche können als Belege für die Richtigkeit unserer Hypothese erst dann in Anspruch genommen werden, nachdem durch weitere Versuche in bejahendem Sinne die Frage entschieden wurde: ob insolirte grüne Landpflanzen bei höherem Drucke überhaupt noch im Stande sind, Kohlensäure zu zerlegen.

Zur Lösung dieser Aufgabe benützte ich den schon beschriebenen, Fig. 6 dargestellten Apparat. Nachdem in die Röhre *a* das Versuchsobject eingeschmolzen war, wurde selbe bei der Füllung mit Wasser dem speciellen Zwecke entsprechend kalibrirt und sodann Kohlensäure und Wasserstoff in bestimmten Quantitäten directe aus den Gasentbindungsapparaten eingeleitet.

Bei diesen Versuchen konnte natürlich weder die ursprüngliche Gasmenge, noch das quantitative Mischungsverhältniss von Kohlensäure und Wasserstoff genau bestimmt werden.

Besondere Vorsicht ist bei der Füllung des Apparates mit Quecksilber zu beobachten. Um zu verhindern, dass dabei Luft in die Röhre *a* geführt werde, muss man das Druckrohr *b* vorerst ganz mit Wasser füllen. Auch hiebei ist es, selbst wenn

---

[1] Zu diesen Versuchen wurden stets sechs mittelgrosse Fiederblätter von *Juglans* oder ebensoviel kleinere Blätter von *Platanus* in Röhren von 500 bis 600 CC. Inhalt verwendet.

[2] Während der Insolation steigt das Quecksilber in den Apparaten wegen der Ausdehnung des Wassers zu einer bestimmten Höhe. Um diese so gering als möglich zu machen, wurden die Apparate schon ursprünglich mit kohlensäurehältigem Wasser von beiläufig 25° C. gefüllt. In ganz gleichen nur mit solchem Wasser (ohne Blätter) gefüllten Apparaten stieg dann bei weiterer gleicher Behandlung das Quecksilber in den Manometerröhren, deren Lumen durchschnittlich 3 Mm. betrug, blos um 1—2 Zoll.

letzteres eine Lumenweite von 6 Mm. besitzt, und das Quecksilber in einem sehr feinen Strahle eingelassen wird, nicht zu verhindern, dass in das Gefäss *a* eine grössere Wassermenge aus der Röhre *b* gedrängt wird, ein weiterer Umstand, welcher wegen der Absorption der Kohlensäure von Wasser, besonders bei höherem Drucke jede genaue quantitative Bestimmung des ursprünglich zur Verwendung gekommenen Kohlensäure- und Wasserstoffgases illusorisch machen würde. Darauf kommt es aber bei der gestellten Frage auch gar nicht an.

Um die Gase nach dem Versuche zur Analyse zu gewinnen, wird der ganze Apparat in ein grösseres mit Wasser gefülltes Gefäss gestellt, und der Verband zwischen *a* und *b* vorsichtig gelöst. Wurde ein ziemlich dickwandiges Kautschukrohr verwendet, so hat man selbst bei einem Drucke von mehr als 50 Zoll Quecksilber kein Aufblähen desselben zu besorgen.

Über die Mündung der Röhre *a* wird sodann unter Wasser ein kurzer Kautschukschlauch geschoben und dessen unteres Ende mit einem Glasstöpsel verschlossen. Die Operationen am Quecksilbertische sind dieselben, wie die bereits oben pag. 175 Fig. 4 beschriebenen, nur dass das aufgesetzte Gasansammlungsrohr nicht mit Kalilauge, sondern gleich mit Quecksilber gefüllt wird.

Statt vieler Worte füge ich die in einer Tabelle zusammengestellten Gasanalysen sämmtlicher Versuche, die ich unter einem Überdrucke von mehr als einer Atmosphäre, alle mit je einem mittelgrossen Blatte von *Juglans*, gemacht habe, chronologisch geordnet, bei. Die Insolation dauerte immer zwischen 5 und 6 Stunden. Einer übermässigen Erwärmung wurde durch Einsenken der Apparate in hinreichend hohe mit Wasser gefüllte Glascylinder vorgebeugt; es wurde vorgesorgt, dass die Temperatur in dem Kühlwasser nie über 32° C. stieg.

Versuchszeit	Höhe der drückenden Quecksilbersäule in Mtr.	Angewendete Gasmenge in CC. [1]	Das Gas enthielt nach dem Versuche in Procenten:		Der gebildete Sauerstoff betrug, auf die angewendete Gasmenge bezogen, in CC.
			Kohlensäure	Sauerstoff [2]	
1. Sept. 1870	1·16	192	17·26	11·02	21·15
"	1·19	181	37·94	1·80	3·26
"	1·42	185	34·08	0·33	0·61
7. Sept. 1870	1·43	157	38·93	5·20	8.16
"	1·18	172	49·98	0·38	0·65
"	1·45	169	51·30	0·0	0·00
26. Juli 1872	1·42	165	8·27	20·07	33·12
"	1·43	161	13·45	14.04	22·60
"	1·21	154	25·27	6·21	9·56

Das für uns wichtigste Ergebniss dieser Versuche ist dies, dass bei einem Überdrucke von mehr als $1^1/_2$ Atmosphären durch grüne Landpflanzen noch gasförmige Kohlensäure zerlegt wird. Während aber bei gewöhnlichem Drucke in einem Gemische von $^1/_2$ Volumen Kohlensäure und $^1/_2$ Volum Wasserstoff noch ziemlich viel Sauerstoff gebildet wird, ist in einer solchen Gasmischung bei erhöhtem Drucke die Menge des gebildeten Sauerstoffes nur eine sehr unbedeutende. Es ist dies in Folge der Compression der Versuchsgase in dem Umstande begründet, dass ja auch bei gewöhnlichem Drucke reine Kohlensäure unter sonst günstigen Umständen von *Juglans*-Blättern nur in sehr geringen Quantitäten zerlegt wird.

---

[1] Die in dieser Colonne angeführten Zahlen wurden dadurch erhalten, dass die Röhre *a*, Fig. 6 nach Schluss der Versuche bis auf die Blätter entleert und dann aus einer Messbürette so weit, als sie nach Schluss des Versuches bei gewöhnlichem Drucke Gas enthielt, mit Wasser gefüllt wurde.

[2] Der nicht als Kohlensäure und Sauerstoff bestimmte Gasantheil besteht aus Wasserstoff und jenen Spuren von Stickgas, welche während des Versuches aus dem Blatte diffundirten. — Die Summe des gefundenen Kohlensäure- und Sauerstoffgases entspricht, wenigstens sehr annähernd, dem Procentgehalte von Kohlensäure in der angewendeten Gasmenge.

Es bestätigen demnach auch die bei erhöhtem Drucke gemachten Versuche unsere Hypothese, dass in kohlensäurehältiges Wasser getauchte Landpflanzen nur dann Sauerstoff bilden können, wenn sie sich früher mit einer kohlensäurehältigen Atmosphäre bekleiden konnten, auf das vollständigste[1].

III. Methode.

Zur Erprobung unserer durch die mitgetheilten Untersuchungen übrigens, wie ich glaube, hinreichend bewiesenen Behauptung, dass Landpflanzen in kohlensäurehältigem Wasser nur

---

[1] Auch mit Sumpf- und Wasserpflanzen habe ich eine Reihe von Versuchen wie die eben beschriebenen gemacht; die dabei bisher gewonnenen Resultate will ich hier nur in Kürze anführen.

Nasturtium officinale, Ranunculus aquatilis, Hottonia palustris, Potamogeton coloratus u. *perfoliatus* und *Myriophyllum verticillatum* zeigten in kohlensäurehältigem Wasser ein ganz ähnliches Verhalten wie die *Juglans*-Blätter.

Die grösste Hubhöhe betrug in den mit diesen Pflanzen beschickten, ursprünglich ohne Druck insolirten Apparaten höchstens 25 Zoll Quecksilber. Bei einem Anfangsdrucke von 20 Zoll erfolgte keine, oder doch nur sehr unbedeutende Gasabscheidung.

Wesentlich verschieden von den angeführten Sumpf- und Wasserpflanzen verhielten sich jedoch *Fontinalis antipyretica, Lemna minor* und Blätter oder Blattabschnitte von *Nymphaea alba*. Von diesen in kohlensäurehältiges Wasser eingesenkten und dem Sonnenlichte exponirten Pflanzen wurde das Quecksilber in einzelnen Fällen bis zu einer Höhe von 55 Zoll gehoben und selbst bei einem ursprünglichen Drucke von 50 Zoll Quecksilber erfolgte bei *Fontinalis* und *Nymphaea* eine, wenn auch nur geringe Gasabscheidung.

Aus diesen und den früher angeführten Versuchen mit echten Wasserpflanzen gewinnt es den Anschein, als ob sich dieselben bei der Aufnahme von Kohlensäure und Abgabe von Sauerstoff nicht alle gleich verhalten würden. Die einen *(Potamogeton, Myriophyllum)* scheinen sich hiebei so wie untergetauchte Landpflanzen zu verhalten, während andere *(Fontinalis)* vielleicht in analoger Weise wie Kiemenathmer respiriren.

Die Druckversuche mit echten Wasserpflanzen scheinen mir auch deshalb von Interesse zu sein, weil sie vielleicht einen berechtigten Schluss auf die Wassertiefe, in welcher dieselben möglicherweise noch fortkommen können, zu gestatten scheinen.

Für den Umstand, dass bei gleichzeitig und auch unter sonst ganz gleichen Verhältnissen angestellten Versuchen sowohl mit Land-, als Wasserpflanzen das Quecksilber in verschiedenen Apparaten sehr verschieden hoch stieg, weiss ich keine Erklärung.

dann Sauerstoff ausscheiden, wenn sie sich vorher mit einer kohlensäurehältigen Atmosphäre bekleiden konnten, ist noch eine Methode denkbar, welche sich auf folgendes Raisonnement gründet:

Die in kohlensäurehältiges Wasser eingesenkten Landpflanzen bekleiden sich insbesonders in Folge der Diffusion zwischen den in ihnen enthaltenen und der im umgebenden Wasser gelösten Luft mit Gasbläschen. Würden nun die Blätter vor dem Versuche mit Wasser injicirt, so könnten sich auf denselben während der Insolation in kohlensäurehältigem Wasser vorzüglich nur insoferne Luftbläschen absetzen, als dies auch auf jedem anderen festen Körper geschieht. Injicirte Blätter von Landpflanzen dürfen daher bei der Richtigkeit unserer Hypothese in kohlensäurehältigem Wasser an der Sonne nur wenig Gas abscheiden.

Zu diesen Versuchen verwendete ich Blätter von *Juglans*, *Platanus* und *Beta vulgaris*.

Mittelst der Luftpumpe erfolgt die Injection der Blätter nur sehr langsam und unvollständig. Am besten und schnellsten kommt man in folgender Weise zum Ziele.

Eine mindestens $1^1/_2$ Mtr. lange, 25—30 Mm. weite, ziemlich dünnwandige Glasröhre wird an einer Seite zugeschmolzen und mittelst eines Hebers mit kochendem Wasser vollgefüllt. Nach dem Auskühlen werden die gewaschenen Blätter mittelst eines hinreichend langen Glasstabes bis auf den Grund der Röhre eingeschoben und aus dieser mittelst eines Hebers das Wasser in einer Höhe von beiläufig 49 Ctm. ablaufen gelassen. Das bisher offene Röhrenende wird sodann in eine feine Spitze ausgezogen und um die Röhre, so gegen 25 Ctm. unter dem Wasserniveau, ein feuchtes Tuch gewickelt (was indess bei gehöriger Röhrenlänge nicht absolut nothwendig ist). Mit Hilfe eines Bunsenschen Gasbrenners wird nun unter geeigneter Vorsicht durch Kochen des Wassers über dem feuchten Belege die Röhre vollständig luftleer gemacht. Vorläufige Versuche hatten mich überzeugt, dass dies nach 10 Minuten langem, lebhaften Wallen des Wassers sicher geschehen ist. Während des Kochens wird dann mittelst eines Gaslöthrohres die ausgezogene Röhrenspitze zugeschmolzen. Nach dem Abkühlen entweicht alsbald Luft aus den

Blättern. Eine vollständige Injection derselben ist nur durch wiederholtes senkrechtes Schütteln der Röhre möglich und gelingt bei lederartigen Blättern selbst da nicht immer vollständig. Bei diesem Schütteln geschah es wiederholt, dass mir der untere Theil der Röhre in der Hand blieb, während der obere in die Luft flog. — Die Injection der Blätter wurde Abends vorgenommen und dieselben über Nacht in den ausgekochten Röhren belassen[1].

Ganz in Übereinstimmung mit den gemachten Voraussetzungen wurde durch die in der beschriebenen Weise injicirten Blätter in kohlensäurehältigem Wasser an der Sonne nur sehr wenig Gas abgeschieden. Die Ursache hiefür konnte in diesen unseren Voraussetzungen liegen, konnte aber auch möglicherweise dadurch bedingt sein, dass die injicirten Versuchsblätter bereits todt waren.

Es ist bekanntlich in den meisten Fällen geradezu unmöglich, aus morphologischen Charakteren einen Schluss zu ziehen, ob bestimmte Zellen noch leben oder bereits abgestorben seien. Für grüne Pflanzentheile haben wir in der Function der Zerlegung der Kohlensäure bei Einwirkung von Licht und Wärme ein, wenn auch etwas umständliches, aber dafür sicheres Kriterium.

Bei den im verflossenen Sommer gemachten Versuchen wurden von den drei injicirten Blättern jeder Art je zwei in kohlensäurehältigem Wasser und eines in einem Gemische von Kohlensäure und Wasserstoff insolirt.

---

[1] Es wäre allerdings besser, wenn die Blätter unmittelbar vor dem Versuche injicirt würden. Aber abgesehen davon, dass die Luft nur langsam entweicht, brechen auch beim Auskochen nicht selten die Röhren oder es passirt bei den weiteren Operationen irgend ein anderes Malheur. Wenn alles gut abgeht, nimmt die Zusammenstellung der Apparate jedenfalls den grössten Theil des Vormittags in Anspruch, so dass die Zeit für den directen Versuch zu sehr abgekürzt wird. Abgesehen davon, dass ich weder einen Assistenten noch einen Diener habe, war ich auch zur Zeit dieser Versuche, selbst die Sonntage nicht ausgenommen, in den Vormittagsstunden von meinen lehramtlichen Pflichten vollständig occupirt. Zudem ist man bei derlei Untersuchungen ganz von der Witterung abhängig. Wiederholt habe ich in der getäuschten Hoffnung auf einen sonnigen Himmel alle Vorarbeiten umsonst gemacht.

Versuche in kohlensäurehältigem Wasser.

Versuchszeit	Versuchsobject	Abgeschiedene Gasmenge nach Absorption d. Kohlensäure in CC., bei 0° u. 1 Mtr. Druck	Darin enthaltener Sauerstoff in Procenten
12. Juli 1871	*Platanus*	2·93	23·47
12. „ 1871	*Juglans*	2·40	18·75
9. „ 1872	*Juglans*	3·05	25·26
9. „ 1872	*Beta*	1·91	19·21
16. „ 1872	*Beta*	2·14	21·74

Versuche in einer Mischung von Kohlensäure und Wasserstoff.

Versuchszeit	Versuchsobject	Angewendete Gasmenge in CC. bei 0° u. 1 Mtr. Druck	Darin waren enthalten in Procenten	
			Kohlensäure	Sauerstoff
12. Juli 1871	*Platanus*	25·50	19·03	9·82
12. „ 1871	*Juglans*	23·26	11·43	16·98
9. „ 1872	*Juglans*	22·48	13·29	15·10
9. „ 1871	*Beta*	26·38	10·32	17·94
16. „ 1872	*Beta*	24·57	9·31	16·76

Das durch injicirte Blätter aus kohlensäurehältigem Wasser abgeschiedene Gas ist also weder quantitativ, noch qualitativ auffallend von dem verschieden, welches unter ähnlichen Verhältnissen vermittelst Platinblech etc. gewonnen wurde, während von den in gleicher Weise behandelten Blättern in kohlensäurehältiger Luft ziemlich viel Sauerstoff gebildet wurde. Es bestätigen demnach auch die Ergebnisse dieser, der Zahl nach allerdings viel zu geringen Versuche vollständig unsere Voraussetzung.

Wenngleich es befriedigen muss, durch directe Versuche bestätiget zu sehen, was schon a priori sehr wahrscheinlich schien: dass insolirte grüne Landpflanzen in kohlensäurehältigem Wasser nicht anders fungiren als in kohlensäurehältiger Atmosphäre, so drängt sich uns anderseits gleichwohl die Frage

auf, warum die vom Wasser absorbirte Kohlensäure nicht unmittelbar von den eingetauchten, grünen Blättern aufgenommen und der von und in diesen gebildete Sauerstoff nicht ebenso directe ins Wasser abgeschieden werde?

Eine befriedigende Antwort auf diese Frage ist jedenfalls erst dann möglich, wenn uns die Vorgänge bei der Kohlensäurezerlegung unter normalen Verhältnissen möglichst klar geworden sind.

Von den chlorophyllhaltigen Zellen wird natürlich nur die im Zellsafte gelöste Kohlensäure zerlegt.

In Anbetracht des grossen Absorptionscoëfficienten des Wassers und somit sicher auch des Zellsaftes für Kohlensäure und der continuirlichen Consumtion der letzteren ist es sehr wohl begreiflich, dass unter günstigen Bedingungen von einem grünen Blatte eine relativ grosse Menge von Kohlensäure zum Verschwinden gebracht werden kann.

Für die assimilirte Kohlensäure tritt ein gleiches oder nahezu gleiches Volumen Sauerstoff aus. Obwohl einerseits der Absorptionscoëfficient des Wassers (des Zellsaftes) für Sauerstoff unverhältnissmässig kleiner ist als der für Kohlensäure, und anderseits in Kohlensäure assimilirenden Zellen nie Luftbläschen gefunden werden, so ist doch der ganze Process der Kohlensäure-Zerlegung und Sauerstoff-Abscheidung in Anbetracht der Zusammensetzung der den assimilirenden Pflanzentheil umgebenden Atmosphäre aus Kohlensäure, Sauerstoff und Stickstoff, in welchen procentischen Verhältnissen diese Gase auch gemischt sein mögen, nach dem bekannten Diffusionsgesetze recht gut selbst bei der sehr unwahrscheinlichen Annahme erklärlich, dass sich der Zellinhalt als gasabsorbirende Substanz nicht anders verhalte als reines Wasser.

Insolirte, in kohlensäurehältiges Wasser getauchte Landpflanzen zerlegen zweifellos die von dem Zellsafte absorbirte Kohlensäure in ganz gleicher Weise, wie wenn dieselben von einer kohlensäurehältigen Atmosphäre umgeben wären. Es ist auch kein Grund vorhanden, warum die in den Zellen verschwundene Kohlensäure nicht directe, d. i. durch unmittelbare Diffusion aus dem umgebenden Wasser ersetzt werden soll. Der in den Zellen gebildete Sauerstoff kann aber nur in einem dem Absorp-

tionscoëfficienten des umgebenden Wassers entsprechenden Quantum ausgeschieden und in dem Zellsafte selbst durch neugebildeten ersetzt werden. Sobald der Zellinhalt so viel Sauerstoff enthält, als in demselben (in nicht gasförmigem Zustande) aufgespeichert werden kann, wird wohl jede weitere Zerlegung der Kohlensäure sistirt sein. Da kein Grund vorhanden ist, warum der aus den Zellen ins Wasser diffundirte Sauerstoff in Bläschenform entweichen soll, werden die Pflanzen unter den oben beschriebenen Bedingungen auch kein Gas ausscheiden können.

Es erklärt sich nun leicht, warum injicirte Landpflanzen in einer kohlensäurehältigen Atmosphäre wohl noch Sauerstoff bilden, in kohlensäurehältigem Wasser aber bezüglich der Gasabscheidung sich nicht auffallend anders verhalten als irgend welcher fester d. i. luftfreier Körper. — Dass das durch leblose Körper aus kohlensäurehältigem Wasser abgeschiedene Gas mitunter etwas weniger Sauerstoff enthält als jenes, welches man unter gleichen Verhältnissen vermittelst vollständig injicirter Blätter gewinnt, hat seinen Grund darin, dass an den wenigen Stellen, wo sich auf letzteren (sowie auf anderen festen Körpern) Gasblasen bilden, das Blatt in einer kohlensäurehältigen Atmosphäre fungirt.

Wie selbstverständlich diese Schlussfolgerungen aber auch sein mögen, ebenso unzuverlässig müssen dieselben erscheinen, wenn man den Process der Gasabscheidung bei der geistigen und Buttersäure-Gährung in Betracht zieht.

Durch den heutigen Stand unserer Vorstellung über das Wesen der geistigen Gährung[1] wird die Annahme bedingt, dass das Zerfallen des Zuckers in Alkohol und Kohlensäure nicht ausser-, sondern innerhalb der Hefezellen erfolge[2]. — Die Flüssigkeit, in welcher die Gährung stattfindet, wird sich sehr bald

---

[1] Adolf Meyer, Untersuchungen über die alkoholische Gährung etc. Landw. Versuchsst. von Nobbe, Bd. 14, 1871.

[2] In der Nähe frisch zerquetschter Hefezellen treten in einer Zuckerlösung keine Gasblasen mehr auf. — Anderseits erscheint es aber wieder gar nicht wahrscheinlich, dass bei der Buttersäuregährung die relativ grossen Mengen von Kohlensäure und Wasserstoff innerhalb der winzigen Hefezellen entstehen sollen.

Dr. Jos. Böhm, Über die Bildung von Sauerstoff durch grüne in Kohlensäure hältiges Wasser getauchte Landpflanzen.



mit den entbundenen Gasen sättigen. Wenn es nun als richtig angenommen wird, dass die Zerlegung des Zuckers etc. innerhalb der Hefezellen erfolgt, so ist es nicht einzusehen, wie die weiter entbundenen Gase in die mit diesen bereits gesättigte Flüssigkeit hinausdiffundiren und dann als Bläschen entweichen sollen[1].

Wie unverständlich uns übrigens das eigentliche Wesen bei allen diesen Vorgängen bisher noch ist, so viel ist nach den von mir gewonnenen Versuchsresultaten zweifellos: dass unter Wasser getauchte insolirte grüne Landpflanzen nur jene Kohlensäure zerlegen können, welche ihnen in gasförmigem Zustande (nicht in Wasser gelöst) dargeboten wird.

[1] Melsen fand, dass der Druck bei der alkoholischen Gährung in geschlossenen Gefässen auf 25 Atmosphären steigt, Compt. rend. t. 70 pag. 632. — Bei einem Versuche, welchen ich im August 1866 bei einer Temperatur von 22—25° C. in dem Fig. 8 abgebildeten Apparate machte, stieg der Druck während 14 Tagen auf 21 Atmosphären. Bei der Buttersäuregährung erreicht der Gasdruck höchstens $2\frac{1}{2}$ Atmosphären.

XXVI. SITZUNG VOM 21. NOVEMBER 1872.

Herr Dr. V. Graber, Privatdocent an der Grazer Universität, übersendet eine Abhandlung, betitelt: „Bemerkungen über die Gehör- und Stimmorgane der Heuschrecken und Zikaden."

Herr Prof. Dr. L. Schmarda hält einen Vortrag über einige neue Anthozoen aus der Abtheilung der Actinien. Die betreffende Abhandlung ist für die Denkschriften bestimmt.

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Abetti, Antonio, Cenni storici sul successivo sviluppo della meteorologia e su alcune sue importanti applicazioni. Padova, 1872; 8°.

Akademie der Wissenschaften, k. Schwedische: *Icones selectae Hymenomycetum nondum delineatorum. Fasc. III—VI. In folio.*

American Journal of Science and Arts. Third Series. Vol. III, Nrs. 16—18. New Haven, 1872; 8°.

Annalen der Chemie & Pharmacie, von Wöhler, Liebig & Kopp. N. R. Band LXXXVIII, Heft 2 & 3. Leipzig & Heidelberg, 1872; 8°.

Astronomische Nachrichten. Nr. 1910. (Bd. 80. 14.) Altona, 1872; 4°.

Athen, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften aus d. J. 1870—72. 8° & 4°.

Beobachtungen, Magnetische und meteorologische, auf der k. k. Sternwarte zu Prag im Jahre 1871. 32. Jahrgang. Prag, 1872; 4°.

Bibliothèque Universelle et Revue Suisse: Archives des Sciences physiques et naturelles. N. P. Tome XLVe. Nr. 178. Genève, Lausanne, Paris, 1872; 8°.

Breslau, Universität; Akademische Gelegenheitsschriften aus d. J. 1871/2. 4° & 8°.

Comitato, R., geologico d'Italia: Bollettino. Anno 1872. Nr. 7 & 8. Firenze; gr. 8⁰.

Dittel, Leopold, Die Stricturen der Harnröhre. (Handbuch der allgem. u. speciellen Chirurgie, redigirt von Dr. v. Pitha und Dr. Billroth. III. Bd., II. Abth., 6. Lieferung.) Erlangen, 1872; gr. 8⁰.

Gesellschaft, Naturforschende, in Zürich: Vierteljahrsschrift. XXVI. Jahrgang, 3. & 4. Heft. Zürich, 1871; 8⁰.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXIII. Jahrgang. Nr. 46. Wien, 1872; 4⁰.

Graber, V., Beitrag zur Histologie der Stachelhäuter. Graz, 1872; kl. 4⁰.

Grad, Charles, Propositions pour l'établissement d'observations sur la température des mers de France. Abbeville, 1872; 8⁰.

Jahrbuch, Neues, für Pharmacie & verwandte Fächer, von Vorwerk. Band XXXVIII, Heft 3. Speyer, 1872; 8⁰.

Jahresberichte: Siehe Programme.

Keller, Filippo, Ricerche sull' attrazione delle montagne con applicazioni numeriche. Parte I^a. Roma, 1872; 8⁰.

Landwirthschafts-Gesellschaft, k. k., in Wien: Verhandlungen und Mittheilungen. Jahrgang 1872, Nr. 22. Wien; 8⁰.

Leyden, Universität: *Annales academici. 1866—1867 & 1867—1868. Lugduni-Batavorum, 1871; 4⁰.*

Lipschitz, R., Über eine Ausdehnung der Theorie der Minimalflächen. Berlin, 1872; 8⁰.

Lotos. XXII. Jahrgang. Juli & August 1872. Prag; 8⁰.

Mittheilungen des k. k. techn. & administrat. Militär-Comité. Jahrgang 1872. 11. Heft. Wien; 8⁰.

— Mineralogische, gesammelt von G. Tschermak. Jahrgang 1872. Heft. 3. Wien, 1872; 4⁰.

Nature. Nr. 159, Vol. VII. London, 1872; 4⁰.

Programme und Jahresberichte der Gymnasien zu Brixen, Brünn, Capodistria, Eger, Essek, Fiume, Graz, Hermannstadt, Iglau, Kaschau, Kremsmünster, Kronstadt, Leoben, Marburg, Meran, Naszod, Pilsen, Presburg, Ragusa, Rudolfswert, Schässburg, Tabor, Teschen, Trient, Vinkovci, des

akad. Gymnasiums, des Gymnasiums der k. k. Theresianischen Akademie und zu den Schotten in Wien, des Gymnasiums zu Zara; dann der Oberrealschulen zu Triest und Wiener-Neustadt und der k. k. technischen Hochschule in Wien. 1870—1873. 4° & 8°.

Reden gehalten bei der feierl. Inauguration des für das Schuljahr 1872—73 gewählten Rectors der k. k. technischen Hochschule, Dr. Heinrich Hlasiwetz, am 8. October 1872. Wien; 8°.

„Revue politique et littéraire“ et „La Revue scientifique de la France et de l'étranger. IIe Année, 2e Série, Nr. 20. Paris & Bruxelles, 1872; 4°.

Società Italiana di antropologia e di etnologia: Archivio. II° Vol., fasc. 3°. Firenze, 1872; gr. 8°.

Société Botanique de France: Bulletin. Tome XVIIIe, 1871. Comptes rendus. 4. Paris; 8°.

Sonklar, Edler v. Innstädten, Karl, Allgemeine Orographie. Die Lehre von den Relief-Formen der Erdoberfläche. Wien, 1873; 8°.

Tarry, Harold, De la prédiction du mouvemant des tempêtes, et des phénomènes qui les accompagnent. Roma, 1872; 4°. — Sur l'origine des aurores polaires. 4°.

Uzielli, Gustavo, Nota sopra un nuovo goniometro. Pisa, 1872; 8°. — Baromètre hypsométrique à soupape. Florence, 1872; 4°.

Wolf, Rudolf, Astronomische Mittheilungen. XXI—XXX. Zürich, 1872; 8°.

Zeitschrift für Chemie, von Beilstein, Fittig & Hübner. XIV. Jahrgang. N. F. VII. Band, 23. Heft. Leipzig, 1871; 8°.

— des österr. Ingenieur- & Architekten-Vereins. XXIV. Jahrg., 14. Heft. Wien, 1872; 4°.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

LXVI. Band.

ERSTE ABTHEILUNG.

10.

Enthält die Abhandlungen aus dem Gebiete der Mineralogie, Botanik, Zoologie, Geologie und Paläontologie.

XXVII. SITZUNG VOM 5. DECEMBER 1872.

Herr Heinrich Schramm, Director der n.-ö. Landes-Oberrealschule in Wiener-Neustadt, übersendet eine Abhandlung, betitelt: „Die allgemeine Bewegung der Materie als Grundursache aller Naturerscheinungen.“

Herr Hofrath Dr. E. Ritter v. Brücke überreicht eine Abhandlung des c. M. Herrn Prof. Dr. J. Czermak in Leipzig, betitelt: „„Nachweis echter „hypnotischer“ Erscheinungen bei Thieren.““

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Accademia, Reale, dei Lincei: Atti. Tomo XXV. — Anno XXV, Sess. 4ª—6ª. Roma, 1872; 4º.

Akademie der Wissenschaften, Königl. Preuss., zu Berlin: Monatsbericht. Juli 1872. Berlin; 8º.

Annales des mines. VIIᵉ Série. Tome I. 3ᵉ Livraison de 1872. Paris; 8º.

Apotheker-Verein, allgem. österr.: Zeitschrift. 10. Jahrgang, Nr. 33—34. Wien, 1872; 8º.

Astronomische Nachrichten. Nr. 1911—1912. (Bd. 80. 15—16.) Altona, 1872; 4º.

Beobachtungen, Schweizer. Meteorologische. August bis November 1871. Zürich; 4º.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXV. Nrs. 19—21. Paris, 1872; 4º.

Freiburg i. Br., Universität: Akademische Gelegenheitsschriften aus dem Jahre 1871/72. 4º & 8º.

Gesellschaft, Schlesische, für vaterländische Cultur: 49. Jahresbericht. Breslau, 1872; 8º. — Abhandlungen der philos.-hist. Abtheilung 1871; Abhandlungen der Abtheilung für Naturwissenschaften u. Medicin. 1869/72. Breslau, 1872; 8º.

Gesellschaft, Astronomische, in Leipzig: Publicationen. XI—XII. Leipzig, 1872; 4°.

— österr., für Meteorologie: Zeitschrift. VII. Band, Nr. 22—23. Wien, 1872; 4°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXIII. Jahrgang, Nr. 47—48. Wien, 1872; 4°.

Hinrichs, Gustavus, The School Laboratory of Physical Science. Vol. II, Nr. 2. Iowa City, 1872; 8°.

Institut National Génevois: Bulletin. Nr. 36. Vol. XVII, pages: 1 à 216. Genève, 1872; 8°.

Institute, The Anthropological, of Great Britain and Ireland: Journal. Vol. I, Nrs. 2—3; Vol. II. Nr. 1. London, 1871—1872; 8°.

Institution, The Royal, of Great Britain: Proceedings. Vol. VI, Parts 3—4. London, 1871; 8°.

Landbote, Der steirische. 5. Jahrgang, Nr. 24. Graz, 1872; 4°.

Landwirthschafts-Gesellschaft, k. k. in Wien: Verhandlungen und Mittheilungen. Jahrgang 1872, Nr. 23. Wien; 8°.

Militär-Comité, k. k. techn. und administr.: Bericht über die Thätigkeit und die Leistungen desselben im Jahre 1871. Wien. 1872; 8°.

Mittheilungen aus J. Perthes' geographischer Anstalt. 18. Band, 1872, Heft XI. Gotha; 4°.

Nature. Nr. 161, Vol. VII. London, 1872; 4°.

Naval Observatory, Washington: Observations for 1870. Appendix II. Washington, 1872; 4°. — Papers relating to the Transit of Venus in 1874. Part I. Washington, 1872; 4°.

Osservatorio del R. Collegio Carlo Alberto in Moncalieri: Bullettino meteorologico. Vol. VI, Nr. 7—9. Firenze, 1871; 4°.

Protocoll über die Verhandlungen der XLVIII. General-Versammlung der Actionäre der a. pr. Kaiser Ferdinands-Nordbahn. Wien, 1872; 4°.

Pulkowa, Nicolai-Hauptsternwarte: Jahresbericht. 1871. St. Petersburg; 8°. — *Tabulae quantitatum Besselianarum pro annis 1875 ad 1879 computatae. Edidit Otto Struve. Petropoli, 1871; in 8°.*

Reichsanstalt, k. k. geologische: Verhandlungen. Jahrgang 1872, Nr. 14. Wien; 4°.

„Revue politique et littéraire", et „La Revue scientifique de la France et de l'étranger". IIe Année, 2e Série, Nrs. 21—22. Paris & Bruxelles, 1872; 4°.

Schramm, Heinrich, Die allgemeine Bewegung der Materie als Grundursache aller Naturerscheinungen. I. & II. Abtheilung. Wien, 1872 & 1873; 8°.

Société Impériale de Médecine de Constantinople: Gazette médicale d'Orient. XVIe Année, Nrs. 3 & 4. Constantinople, 1872; 4°.

— Hollandaise des Sciences à Harlem: Archives Néerlandaises des Sciences exactes et naturelles. Tome VII, 1re—3e Livraisons. La Haye, Bruxelles, Paris, Leipzig, Londres & New-York, 1872; 8°.

— Géologique de France: Mémoires. IIe Série. Tome IXe. I—III. Paris, 1869, 1871, 1872; 4°. — Bulletin. 2e Série. Tome XXIV, 1867, Nr. 5; Tome XXV, 1868, Nr. 5; Tome XXVIII, 1871, Nrs. 1 & 5. Paris; 8°.

Society, The Royal Dublin: Journal. Nr. XL. Vol. VI, Nr. 1. Dublin, 1872; 8°.

— The Zoological, of London: Transactions. Vol. VII, Parts 7—8; Vol. VIII, Parts 1—2. London, 1871—1872; 4°. — Proceedings for the Year 1871, Parts 2—3; for the Year 1872, Parts 1—3. London; 8°. — Revised List of the Vertebrated Animals now or lately living in the Gardens. 1872. London; 8°. — Catalogue of the Library. London, 1872; 8°.

Verein, physikalischer, zu Frankfurt a. M.: Jahres-Bericht für 1870—1871. Frankfurt a. M., 1872; 8°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXII. Jahrgang, Nr. 47—48. Wien, 1872; 4°.

Zeitschrift des österr. Ingenieur- & Architekten-Vereins. XXIV. Jahrgang. 15. Heft. Wien, 1872; 4°.

XXVIII. SITZUNG VOM 12. DECEMBER 1872.

In Verhinderung des Präsidenten führt Herr Hofrath Freih. v. Burg den Vorsitz.

Herr Prof. Leopold Gegenbauer in Krems übersendet eine Abhandlung; betitelt: „Entwickelung nach den Functionen X_n^{2r+1}."

Herr Prof. Dr. V. v. Lang hält einen Vortrag über die Genauigkeit der Tiefenmessung mit dem Mikroskope.

Herr Prof. Dr. S. Stern überreicht eine Abhandlung: „Über den inneren Mechanismus der inspiratorischen Erweiterung der Lungen."

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Akademie der Wissenschaften, k. k., zu Krakau: Rocznik. Tom XX & XXI. Kraków, 1872; 8°. — *Scriptores rerum Poloniacarum. Tomus I.* 8°. — Statut Akademii umiejętności w Krakowie. Kraków, 1872; 8°. — *Monumenta antiquae artis Cracoviensia. Fasc. I. 1872;* 4°.

— — Königl. Preuss., zu Berlin: Monatsbericht. August 1872. Berlin; 8°.

Alpen-Verein, Deutscher und österreichischer: Zeitschrift. Heft 1 & 2. München, 1871; 8°.

Annales météorologiques de l'Observatoire Royal de Bruxelles. Par A. Quetelet. IIe—Ve Années. Bruxelles, 1868—1871; 4°.

Astronomische Nachrichten. Nr. 1913 (Bd. 80. 17.) Altona, 1872; 4°.

Barrande, Joachim, Crustacés divers et poissons des dépôts siluriens de la Bohême. Prague & Paris, 1872; 8°.

Comitato, R., geologico d'Italia: Bollettino. Anno 1872, Nr. 9 e 10. Firenze; 8°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXV, Nr. 22. Paris, 1872; 4°.

Gesellschaft, Geographische, in Wien: Mittheilungen. Bd. XV (neuer Folge V.), Nr. 11. Wien, 1872; 8°.

— Berliner Medicinische: Verhandlungen. I. Heft. (1866); und Jahrg. 1869, 1870, 1871. Berlin; 1866 & 1872; 8°.

— neurussische, der Naturforscher zu Odessa; Zapiski. I. Bd., nebst Beilage I & II. Odessa, 1872; 8°.

— kais. russ. geographische, zu St. Petersburg: Bericht für das Jahr 1871. S. Petersburg, 1872; 8°. — Séances du 5 Mai 1871, 12 Janvier, 9 Février, 8 Mars, 8 Avril et 3 Mai 1872. 4°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXII. Jahrgang, Nr. 49. Wien, 1872; 4°.

Grunert, Joh. Aug., Archiv der Mathematik & Physik. LIV. Theil, 3. Heft. Greifswald, 1872; 8°.

Halley's Magnetic Chart in the Year 1700. Gross-Folio.

Jahresbericht über die Fortschritte der Chemie, von Alex. Naumann. Für 1870. 1. und 3. Heft. Giessen, 1872; 8°.

Journal für praktische Chemie, von H. Kolbe. N. F. Band VI. 4. & 5. Heft. Leipzig, 1872; 8°.

Kiel, Universität: Akademische Schriften aus dem Jahre 1871. Band XVIII. Kiel, 1872; 4°.

Landbote, Der steirische. 5. Jahrgang, Nr. 25. Graz, 1872; 4°.

Lotos. XXII. Jahrgang. September, October 1872. Prag; 8°.

Lyceum of Natural History in the City of New York: Annals, Vol. IX, Nr. 13 (1870); Vol. X, Nrs. 1—7. (1871). New-York; 8°. — Proceedings. Vol. I. Sign. 1—15. 8°.

Moniteur scientifique, par Quesneville. 3e Série, Tome II. 372e Livraison. Paris, 1872; 4°.

Osservatorio del R. Collegio Carlo Alberto in Moncalieri: Bullettino meteorologico. Vol. VI, Nr. 10. Firenze, 1871; 4°.

Programm des k. Ober-Gymnasiums zu Zengg am Schlusse des Schuljahres 1871/72. Agram; 4°.

Repertorium für Experimental-Physik etc. von Ph. Carl. VIII. Band, 5. Heft. München, 1872; 8°.

„Revue politique et littéraire" et „La Revue scientifique de la France et de l'étranger." II[e] Année, 2[e] Série, Nr. 23. Paris & Bruxelles, 1872; 4⁰.

Société des Ingénieurs civils: Mémoires et Compte rendu des travaux. 3[e] Série. 24[e] Année, 1[er] & 2[e] Cahiers. Paris, 1871; 8⁰. — Séances du 19 Avril au 4 Octobre 1872. 8⁰.

— Impériale de Médecine de Constantinople: Gazette Médicale d'Orient, XVI[e] Année, Nrs. 6—7. Constantinople, 1872; 4⁰.

— des Sciences physiques et naturelles de Bordeaux: Mémoires. Tome VIII, 4[e] Cahier. Paris & Bordeaux, 1872; 8⁰.

Verein für deutsche Nordpolfahrt zu Bremen: 17.—20., 24.—27. Versammlung. 1871—1872; 8⁰.

Vidal, Léon, Calcul des temps de pose ou tables photométriques portatives etc. Paris, 1865; kl. 8⁰. — Education et conservation du loup (Bar) à l'état de stabulation dans des viviers de la ferme aquicole de Port-de-Bouc. 8⁰. — Education du muge etc. 8⁰. — Essais de mythiliculture etc. 8⁰. — De la pisciculture par éclosion artificielle. Marseille, 1867; 8⁰. — Photographie au charbon. Paris, 1869 & 1870; kl. 8⁰. — De l'art photographique considérée au point de vue industriel. Marseille, 1870; 8⁰. — De l'action du froid sur les poissons élevés en stabulation. Marseille, 1871; 8⁰. — Monographie de la moule. Marseille, 1872; 8⁰.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXII. Jahrgang. Nr. 49. Wien, 1872; 4⁰.

Bemerkungen über die „Gehör- und Stimmorgane" der Heuschrecken und Cikaden.

Von Dr. V. Graber,
Privatdocent an der Universität zu Graz.

(Mit 2 Holzschnitten.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 21. November 1872.)

I. Über die Homologie gewisser trommelfellartiger Bildungen.

Heinrich Landois hat uns jüngst in der Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie mit eigenartigen, bisher von den Meisten übersehenen, trommelfellähnlichen Bildungen bei einigen Grillen näher bekannt gemacht[1]. Er bezeichnet dieselben als „Analoga" der bekannten *Tympana* bei den Singcikaden.

Ohne mich in eine Kritik der Landois'schen Arbeit einzulassen, mein Schüler, Herr stud. phil. Chadima wird ohnehin darüber nächstens Genaueres berichten, möchte ich vorläufig nur darauf hinweisen, dass von einer Analogie zwischen den genannten Bildungen nie und nimmermehr die Rede sein kann, da das „löffelförmige" *Tympanum* der Cikaden ein entschiedener Stimmapparat ist, während man über die Function der besagten Organe bei den Grillen nur so viel weiss, dass sie bei der Erzeugung der bekannten Zirplaute dieser Thiere nicht die mindeste Rolle spielen und eine besondere Stimme schon aus dem Grunde nicht hervorbringen können, weil die Stigmen ziemlich weit davon entfernt liegen.

[1] „Über ein dem sogenannten Tonapparat der Cikaden analoges Organ bei den hiesigen Grillen." Zeitschr. f. wiss. Zoologie XXII. Bd. p. 348. Das betreffende Organ ist übrigens keineswegs zuerst von Landois gefunden worden, sondern war schon Rösel und Joh. Müller bekannt.

Vielleicht wollte übrigens H. Landois statt analog, homolog sagen, Ausdrücke, die ein Fachmann aber nicht wohl verwechseln wird.

Es muss einen factisch befremden, warum H. Landois die trommelfellartigen Organe der Grillen nicht mit den sogenannten Akridierrohren vergleicht.

Eine nur oberflächliche Ansicht des betreffenden Organs bei der Maulwurfsgrille ruft einem unwillkürlich das „Ohr" der Schnarrheuschrecken ins Gedächtniss. Der dicke Chitinrahmen, das darin ausgespannte dünne Häutchen ist hier wie dort ganz übereinstimmend. Nur Ein Unterschied ist da, der, weil er sich auf die Lage bezieht, eine complete Homologie zwischen den erwähnten Bildungen nicht wohl annehmen lässt.

Das „Ohr" der Akridier liegt nämlich dicht hinter dem dritten Stigma, das löffelförmige Organ der Maulwurfsgrille dagegen etwas hinter und über dem vierten Stigma, an der Grenze zwischen dem ersten und zweiten Abdominalmetamer.

Mit dem bekannten „löffelförmigen" *Tympanum* der Cikaden stimmt dagegen das „Ohr" der Schnarrheuschrecken auch genau in der Lage überein; man könnte sagen: das Cikadentympanum sei, abgesehen von gewissen Nervenendigungen, die man bei den Cikaden erst zu suchen hat, nur ein differencirteres Akridiertrommelfell, dem als incompletes Homologon das gewisse Organ der Grillen an die Seite zu setzen ist.

Die ganze Frage scheint mir von nicht geringer Tragweite. Wird nämlich die schwer zu verkennende Homologie zwischen dem *Tympanum* der Grillen und jenem der Cikaden (mit Rücksicht auf ihren gesammten Bau, wobei speciell auch des v-förmigen Doppelmuskels zu gedenken ist) und andererseits jene zwischen dem letzteren und dem Akridiertrommelfell (wegen der gleichen Lage und der Formübereinstimmung mit dem *Tympanum* der Grillen) zugestanden, so hat meines Erachtens für die Ansicht, dass das Akridiertympanum ein Ohr sei, die letzte Stunde geschlagen, wenn man nicht etwa gar den Grillen, die sich bekanntlich eines Ohres an den Vordertibien erfreuen sollen, noch eines am Hinterleibe vindiciren will.

Oder sollten homologe Organe bald Ohren- bald Stimmorgane oder gar beides zugleich vorstellen?

Die Nachweise über die mehr oder weniger complicirten Nervenendigungen an den betreffenden Cuticularbildungen beweisen, streng genommen, nicht einmal, dass die fraglichen Organe einen von den uns bekannten fünf Sinnen repräsentiren müssen.

Verlassen kann man sich betreffs der Deutung hinsichtlich der Qualität der betreffenden Empfindungsapparate hauptsächlich wohl nur auf experimentelle Untersuchungen und diese scheinen, namentlich wenn man Dr. Rudow glauben darf, nicht durchaus dafür zu sprechen, dass die gewissen trommelfellartigen Bildungen der Akridier Gehörorgane wären.

Der genannte Forscher bemerkte nämlich, dass die Locustidenweibchen stets beim Zirpen des Männchens die Fühler nach der Seite hinstreckten, von der der Schall herkam und glaubt in dieser Erscheinung in Übereinstimmung mit Burmeister und Anderen Grund genug zu sehen, um den Antennen eine Gehörempfindung zuzusprechen[1].

Im Widerspruch damit steht allerdings ein Experiment des Herrn stud. phil. Chadima. Derselbe legte eine *Ephippigera vitium* auf das Notenpult eines Klaviers und schlug einen sehr lauten und vollen Accord an, worauf das Thier hastig davonsprang. Nachdem demselben aber die Vorderbeine abgeschnitten worden, verhielt es sich nach dem Anschlagen des Klaviers ganz ruhig.

Vielleicht veranlassen diese Zeilen neue sorgfältige Untersuchungen.

---

[1] Vergl. dessen Aufsatz „Einige Beobachtungen über die Lebensweise der Heuschrecken“ in der Zeitschrift für d. ges. Naturwissenschaften, red. von Giebel 1870, II. Bd. Unentschieden lässt es Rudow, ob die ganzen Fühler in Erschütterung gerathen oder „ob der Grund derselben ein dem Säugethierohr ähnliches Organ birgt“!! „Diese spitzfindigen Untersuchungen“ überlässt er den Stubengelehrten, über die er fürchterlich böse zu sein scheint. Der citirte Aufsatz enthält, nebenher bemerkt, zahlreiche Irrthümer. So sollen z. B. nach seinen Beobachtungen die Männchen der Heuschrecken bei der Begattung nie auf den Weibchen sitzen!! Meint denn Rudow, die „Stubengelehrten“ seien blind, wenn sie aufs freie Feld hinauskommen?

II. Über die Lautäusserungen einiger Heuschrecken.

Stetheophyma grossum L.

Bei einer früheren Mittheilung über die Lautäusserungen dieses Orthopteron[1] hatte ich ganz und gar darauf vergessen, dass Herr Prof. v. Siebold bereits im Jahre 1844 (und in einer kurzen Notiz auch schon zwei Jahre früher) denselben Gegenstand behandelte[2].

Die genannte Heuschrecke bringt nach v. Siebold's sorgfältigen Beobachtungen „einfache knipsende Töne“ in der Weise hervor, dass sie, ganz abweichend von anderen musicirenden Akridiern, mit der Spitze des hinteren Schienbeines an dem Vorderrande der Elytra entlang streift und dann am Ende des Flügels mit dem Beine abschnellt.

Im Widerspruche mit dieser Erklärung steht eine andere vom verstorbenen Oberlehrer Carl Wankel in Dresden[3]. Nach ihm bringt das Männchen von *St. grossum* den Lockton dadurch hervor, dass es entweder das rechte oder das linke Hinterbein (niemals beide auf einmal) weit (?) über den Leib hinausschnellt. Vielmaliges Hören dieses Locktones und Beobachtung der dabei stattfindenden Bewegung bestärkten Wankel in der Ansicht, „dass der Ton nicht durch das Reiben der Schenkel erzeugt werde, sondern dadurch, dass beim Abschnellen des Schienbeines das Kapselband, in welchem das Schienbein am Femur eingelenkt ist, plötzlich ausgedehnt wird.“

Um mir in diesem Punkte endliche Gewissheit zu verschaffen, machte ich diesen Herbst eigens mehrere Ausflüge zu einem beliebten Standpunkt unseres Graspferdchens.

Was nun vorerst die Töne anlangt, die ich da vernahm, so lassen sich dieselben in der That, wie mir Herr Siebold brief-

---

[1] Anhang zur Abhandlung über die Tonapparate der Locustiden. Zeitschrift f. wiss. Zoologie XXII. Bd. p. 120.

[2] Wiegmann's Archiv I. Bd. 1844, p. 54.

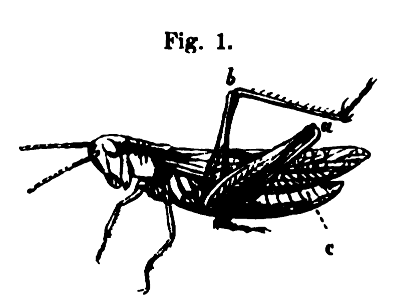
[3] Orthopterologische Studien aus den hinterlassenen Papieren des Oberlehrers C. Wankel in Dresden, mitgetheilt von Prof. Taschenberg. Zeitschrift f. d. gesammten Naturwissenschaften, red. von Giebel. 1871. IV. Bd.

lich mitzutheilen die besondere Güte hatte, am besten noch dadurch nachahmen, dass man mit dem Fingernagel die Spitze eines aus einer Feder geschnittenen Zahnstochers umknipst. Übrigens sind sie nicht immer völlig gleichlautend. Namentlich, wenn das Thier zu knipsen aufhört und dann in der Regel das Schienbein etwas langsamer über den Flügel wegzieht als die erstenmale, ist der Ton auch entsprechend gedehnter und klingt wie ein *tzd*, wie ich das seiner Zeit angab.

Hinsichtlich der Erzeugung der Töne ist Siebold's Erklärung im Ganzen völlig zutreffend.

In der Ruhelage hat das Hinterbein die Stellung *a* im beigegebenen Holzschnitt. Die Tibia ist eingezogen.

Fig. 1.



Stethophygma grossum ♂ 1½mal vrgr.
a Stellung des Hinterbeines in der Ruhelage.
b Beim grössten Ausschlag der Tibia.
c Die *Area stridens*.

Wenn die Heuschrecke musiciren will, so dreht sie den Femur beiläufig um einen Winkel von 40—50° um seine Axe nach vorn, so dass er nahezu senkrecht auf dem Innenrande der Elytra steht, zieht aber jetzt nicht, wie die meisten übrigen Akridier, denselben wieder (mit eingeschlagener Tibia) am Flügel herunter (wobei sonst die bekannten Schrilllaute entstehen, sondern schlägt das Schienbein fast gleichzeitig mit dem Vorwärtsdrehen des Femur so weit hinaus, dass selbes einen Winkel von 90 100 und mitunter noch mehr Graden mit dem Oberschenkel bi det (Lage *b*).

Der Femur erzeugt, da er an der Elytra nur ganz leicht vorbeigezogen wird, keinen (uns) vernehmlichen Laut. Der „knipsende“ Ton wird vielmehr durch die langen Dornen der Schienbeinspitze hervorgebracht und zwar, wie man sich durch geschicktes künstliches Anreiben der Tibia an der Elytra überzeugen kann, nicht so sehr an der Flügelspitze, wie v. Siebold meint, sondern mehr auf dem von mir in der citirten Abhandlung als *Area stridens* bezeichneten mittleren sehr stark über die Flügelebene vorspringenden

Elytrafelde (*c*), durch welches die Schienbeinspitze ihren Laut nimmt.

An welcher Stelle übrigens der Ton entsteht und welches seine Beschaffenheit sei, dürfte den modernen Zoologen nur in Einem Sinne interessiren.

Von Bedeutung ist hier vor Allem die Thatsache, dass bei dieser Heuschrecke im Gegensatze zu ihren nächsten Verwandten (z. B. *St. variegatum*) nicht der Oberschenkel, sondern das Schienbein zum Geigen gebraucht wird und dass zu diesem Behufe nicht eigenartige Rauhigkeiten, wie es z. B. die aus Haaren entstandenen Schrillzapfen sind, sondern die allerwärts auch bei stummen Formen vorkommenden Tibialdornen als active Tonerreger in Verwendung kommen.

Das Zufällige in der Erlernung des Musicirens und in der Heranziehung gewisser sonst mehr indifferenter Körpertheile zu diesem Zwecke liegt hier Jedermann klar vor Augen: Mehr oder minder schlagen alle Heuschrecken, ja alle Insekten mit den Hintertibien aus, wenn aber nicht Alle bei der damit verbundenen grösseren oder geringeren Reibung einen (uns) deutlich vernehmbaren Ton zu Wege bringen, so hängt das, ausser anderen weniger verständlichen Ursachen, hauptsächlich wohl nur von der eigenthümlichen Beschaffenheit und Stellung der Flügel und Beine ab.

Warum sich aber in diesem Punkte gerade zwei so nahe Verwandte wie *Stetheophyma grossum* und *variegatum* so ganz verschieden verhalten, während bei anderen ihrem ganzen Körperbaue nach sehr differenten Formen in der Beziehung eine völlige Gleichförmigkeit herrscht, wird auch dem Hyperdarwinisten Stoff genug zum Denken geben, sowie auch nicht verschwiegen werden darf, dass nach Siebold's, Wankel's, De Geer's und meinen eigenen Beobachtungen die in Rede stehende *Stetheophyma* an sehr weit von einander entlegenen Standpunkten (Frankreich, Westpreussen, Sachsen, Steiermark) selbst in den geringfügigsten Modalitäten der Tonerzeugung übereinstimmt [1].

---

[1] Meine in der citirten Schrift gethane Behauptung, dass *St. grossum* anderwärts, z. B. in Tirol stumm wäre, mag wahrscheinlich dahin zu recti-

Oedipoda tuberculata Fab.

Unter den einheimischen Orthopteren sind bisher verhältnissmässig nur sehr wenige Arten bekannt geworden, die beim Auffliegen oder während des Fluges ein halbwegs tönendes Geräusch hören lassen.

Die diesbezüglichen Beobachtungen beschränken sich auf das klappernde Geräusch beider Sexus von *Pachytylus stridulus* L. und *Oedipoda coerulescens* Burm., sowie auf die hell metallisch klingenden Töne von *Stenobothrus melanopterus* de Bork und von *Sten. miniatus* Charp [1].

Während meiner letzten Ferienreise in den baierischen Alpen lernte ich einen im Ganzen bei uns ziemlich selten vorkommenden Akridier kennen, nämlich *Oed. tuberculata,* der sich sowohl durch seinen Flug als auch durch die während desselben hörbaren Schrilltöne vor allen einheimischen Heuschrecken auszeichnet.

In Gesellschaft mit *Pach. stridulus* fand ich diese Art ungemein häufig (Mitte September) auf dem breiten, mit Kalkgeröll und zum Theile mit Zwergkiefern bedeckten Bett der Riss und Isar in einer Seehöhe von ungefähr 3—4000′.

Schon in aller Frühe (zwischen 6 und 7 Uhr) flog unsere *Oedipoda* oft ununterbrochen gegen eine Viertelstunde lang so hoch in den Lüften herum, dass ich sie nicht selten fast ganz aus dem Auge verlor. Dabei hebt und senkt sie ihre Flügel ganz rhythmisch wie ein echter Vogel und schwebt so in langgezogenen Wellenlinien langsam auf und nieder.

Gleichzeitig mit diesen regelmässigen Flugbewegungen, welche ich bisher bei keiner einheimischen Form beobachten konnte, lässt unser Akridier ein ganz harmonisch klingendes sehr lang gedehntes schrrrr, schrrrr hören.

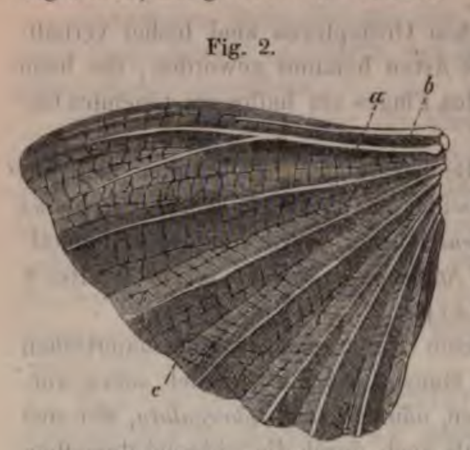
Auch das Weibchen macht Musik, wenigstens habe ich Solches beim Auffliegen vernommen. Der diesbezügliche Ton

ficiren sein, dass ich die im Ganzen nicht sehr lauten Töne seiner Zeit unbeachtet liess.

[1] Vergl. meine „Orthopteren Tirols“. Verhandl. d. k. k. zool. bot. Gesellschaft in Wien XVII. Bd. p. 274.

lässt sich am ehesten mit dem Geklapper von *Pach. stridulus* vergleichen, klingt aber viel weicher.

Fig. 2.



Linker Hinterflügel von *Oedipoda tuberculata* ♀ 2mal vergr.

Dass beide Sexus von *Oed. tuberculata* sowohl zum anhaltenden rhythmischen Fluge als auch zur Hervorbringung von lauten Schrilltönen ganz wohl befähigt sind, lehrt uns schon ein Blick auf die Hinterflügel. (Vergl. den beistehenden Holzschnitt.)

Dieselben bilden sehr umfangreiche Fächer, deren Hauptradialspangen weit kräftiger entwickelt sind als bei allen hier vorkommenden Orthopteren.

Es gilt das namentlich von den zwei vordersten leistenartig angeschwollenen Adern (*a* und *b*) und dann von der zweiten der acht rothgefärbten Radialrippen, welche im letzten Drittel fast bei allen von mir erbeuteten Exemplaren beträchtlich angeschwollen ist (*c*).

Wie eigentlich hier sowohl als bei den anderen während des Fluges musicirenden Formen der Ton zu Stande kommt, dürfte nicht leicht genau zu ermitteln sein.

Ich möchte nur die gang und gäbe Ansicht bezweifeln, dass derselbe einzig und allein durch die Reibung der vordersten Flügelrippen an der Unterseite der Elytren entstehe; vielleicht genügt schon das gewaltsame Zusammenschlagen der fächerartigen Unterflügel, um das bekannte klappernde Geräusch hervorzubringen.

Die Erzeugung von Tönen während des Fluges ist noch in anderer Beziehung von jener im ruhenden Zustand wohl zu unterscheiden. Hier werden willkürlich durch das Aneinanderreiben gewisser Körpertheile Laute hervorgebracht, die wohl durchgehends als Lockrufe für die Weibchen aufzufassen sind, während

die während des Fluges erzeugten Töne meines Erachtens keinen bestimmten Zweck haben. Sie sind ja nur Wirkungen der zum Fluge nothwendigen Bewegungs-, beziehungsweise Reibungskräfte. Aus dem Grunde dürfte die Differenzirung der Flügeladern bei diesen Thieren, wie sie zur Hervorbringung von Tönen angenommen werden muss, schwerlich durch die sexuelle, sondern lediglich nur durch die natürliche Zuchtwahl begünstigt werden.

XXIX. SITZUNG VOM 19. DECEMBER 1872.

Der Senat der k. Universität zu München übersendet mit Zuschrift vom 11. December l. J. ein Exemplar der Universitätschronik für das Jahr 1871/72, und dankt gleichzeitig für die Betheiligung der kais. Akademie an dem 400jährigen Stiftungsfeste dieser Hochschule.

Der Secretär legt folgende eingesendete Abhandlungen vor:

„Über die Monochloritamalsäure", vom Herrn Th. Morawski, Assistenten an der technischen Hochschule in Graz, eingesendet und empfohlen durch Herrn Prof. Dr. J. Gottlieb.

„Über ein Integrationstheorem von Abel", vom Herrn Wenzel Grünert, Assistenten am k. k. technischen Institute in Brünn.

„Über Axenbestimmung von Central-Projectionen der Flächen zweiten Grades", vom Herrn Karl Pelz, Assistenten am deutschen Polytechnikum in Prag.

Herr Regierungsrath Dr. K. v. Littrow legt eine Abhandlung. „Zur Kenntniss der kleinsten sichtbaren Mondphasen" vor.

Herr Director Dr. J. Stefan überreicht eine Abhandlung: „Über die mit dem Soleil'schen Doppelquarz ausgeführten Interferenzversuche."

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Apotheker-Verein, allgem.-österr.: Zeitschrift. 10. Jahrgang, Nr. 35. Wien, 1872; 8°.

Astronomische Nachrichten. Nr. 1914. (Bd. 80, 18.) Altona, 1872; 4°.

Bern, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften aus d. J. 1870/71. fol., 4° & 8°.

Bonn, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften aus d. J. 1871. 4° & 8°.

Chronik der Ludwig-Maximilians-Universität München für das Jahr 1871/72. München, 1872; 4°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXV, Nr. 23. Paris, 1872; 4°.

Denza, Francesco, Intorno alle aurore polari del primo quadrimestre dell' anno 1872. Milano, 1872; 8°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXII. Jahrgang. Nr. 50. Wien, 1872; 4°.

Institut, geodätisches: Maassvergleichungen. 1. Heft. Berlin, 1872; 4°. — General-Bericht über die europäische Gradmessung für das Jahr 1871. Berlin, 1872; 4°.

Knoblauch, Hermann, Über den Durchgang der Wärmestrahlen durch geneigte diathermane Platten. Berlin, 1872; 8°.

Landwirthschafts-Gesellschaft, k. k., in Wien: Verhandlungen und Mittheilungen. Jahrgang 1872, Nr. 24. Wien; 8°.

Melsens, Note sur les plaies produites par les armes à feu etc. Bruxelles, 1872; 8°.

Nature. Nr. 163, Vol. VII. London, 1872; 4°.

Reichsanstalt, k. k. geologische: Verhandlungen. Jahrgang 1872, Nr. 15. Wien; 4°.

„**Revue** politique et littéraire“ et „La Revue scientifique de la France et de l'étranger.“ IIe Année, 2e Série, Nr. 24. Paris & Bruxelles, 1872; 4°.

Rosetti, Francesco, Di una curiosa ed elegante esperienza elettrica. 8°. — Uso della macchina di Holtz in alcune ricerche elettrometriche sui condensatori elettrici. Memoria I. Padova, 1872; 8°.

Scacchi, Arcangelo, Contribuzioni mineralogiche per servire alla storia dell' incendio Vesuviano del mese di aprile 1872. Napoli, 1872; 4°. — Sulle forme cristalline di alcuni composti di toluene. Napoli, 1870; 4°. — Notizie preliminari di alcune specie mineralogiche rinvenute nel Vesuvio dopo l'incendio di aprile 1872. 4°.

Société d'Histoire naturelle de Colmar: Bulletin. 12e et 13e années. 1871 et 1872. Colmar, 1872; 8°.

Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève: Mémoires. Tome XXI, 2de Partie. Paris & Bâle, 1872; 4°.

Stingl, Joh., Über das Weichmachen des Wassers mittelst Kalkwasser. (Aus Dingler's polytechn. Journal, Bd. CCVI. 1872.) 8°.

Strassburg, Universität: Zur Geschichte derselben. Festschrift zur Eröffnung der Universität Strassburg am 1. Mai 1872, von August Schricker. Strassburg, 1872; kl. 4°. — Die Einweihung der Strassburger Universität am 1. Mai 1872. Officieller Festbericht. Strassburg, 1872; kl. 4°.

Vierteljahresschrift, österr., für wissenschaftliche Veterinärkunde. XXXVIII. Band, 1. Heft. Wien, 1872; 8°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXII. Jahrgang, Nr. 50. Wien, 1872; 4°.

Zeitschrift des österr. Ingenieur- und Architekten-Vereins. XXIV. Jahrgang, 16. Heft. Wien, 1872; 4°.

SITZUNGSBERICHTE

DER

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHEN CLASSE

DER KAISERLICHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

LXVI. BAND. II. ABTHEILUNG.

JAHRGANG 1872. — HEFT I BIS V.

(Mit 8 Tafeln und 19 Holzschnitten.)

WIEN.

AUS DER K. K. HOF- UND STAATSDRUCKEREI.

IN COMMISSION BEI CARL GEROLD'S SOHN,

BUCHHÄNDLER DER KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

1872.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

SECHSUNDSECHZIGSTER BAND.

WIEN.

AUS DER K. K. HOF- UND STAATSDRUCKEREI.

IN COMMISSION BEI CARL GEROLD'S SOHN,

BUCHHÄNDLER DER KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

1872.

INHALT.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

LXVI. Band.

ZWEITE ABTHEILUNG.

6.

Enthält die Abhandlungen aus dem Gebiete der Mathematik, Physik, Chemie, Mechanik, Meteorologie und Astronomie.

XVI. SITZUNG VOM 6. JUNI 1872.

Herr Prof. Dr. Ew. Hering in Prag übersendet eine Abhandlung: „Zur Lehre vom Gesichtssinne. I. Mittheilung: Über successive Lichtinduction."

Herr Prof. V. v. Lang überreicht eine Abhandlung vom Herrn Dr. Haldor Topsöe aus Kopenhagen, betitelt: „Krystallographisch-chemische Untersuchungen."

Herr Prof. Dr. Th. Meynert übergibt eine Abhandlung: „Beitrag zur Kenntniss des *Thalamus opticus* und der ihn umgebenden Gebilde bei den Säugethieren," vom Herrn Auguste Forel.

An Druckschriften wurden vorgelegt:

American Academy of Arts & Sciences: Memoirs. New Series. Vol. X, Part 1. Cambridge & Boston, 1868; 4°.

— Association for the Advancement of Science: Proceedings. XIX[th] Meeting. Cambridge, 1871; 8°.

Annales des mines. VII[e] Série. Tome I. 1[re] Livraison de 1872. Paris; 8°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXIV, Nr. 21. Paris, 1872; 4°.

Gesellschaft, österr., für Meteorologie: Zeitschrift. VII. Band, Nr. 11. Wien, 1872; 4°.

— Königl. bayer. botanische, zu Regensburg: Flora. N. R. XXVII. & XXVIII. Jahrgang. Regensburg, 1869 & 1870; 8°. — Repertorium der periodischen botanischen Literatur. V. & VI. Jahrgang. 1868 & 1869. Regensburg, 1869 & 1870; 8°.

Jahres-Bericht der Lese- und Redehalle der deutschen Studenten zu Prag. Vereinsjahr 1871—72. Prag, 1872; 8°.

Koch, F. E., und C. M. Wiechmann, Die Mollusken-Fauna des Sternberger Gesteins in Mecklenburg. I. Abtheilung. Neubrandenburg, 1872; 8°.

Moniteur scientifique-Quesneville. 365e Livraison. Mai 1872. Paris; 4°.

Nature. Nr. 135, Vol. VI. London, 1872; 4°.

Pessina, Luigi Gabriele, Considerazioni sui movimenti del Sole ovvero conseguenze emergenti dal moto translatorio del Sole. Messina, 1872; 8°.

Philomathie in Neisse: XVII. Bericht. 1869—1872. Neisse, 1872; 8°.

Reichsanstalt, k. k. geologische: Verhandlungen. Jahrgang 1872, Nr. 9. Wien; 4°.

„Revue politique et littéraire“ et „La Revue scientifique de la France et de l'étranger“. Ire Année (2e Série), Nr. 49. Paris & Bruxelles, 1872; 4°.

Société géologique de France: Bulletin. 2e Série, T. XXVIII. 1871. Nr. 2. Paris 1870 à 1871; 8°.

Society, The Chemical, of London: Journal. N. S. Vol. X, February—April 1872. London; 8°.

Soret, J.-Louis, François-Jules Pictet. Notice biographique. (Arch. des sciences de la Bibliothèque Universelle.) Genève, 1872; 8°.

Krystallographisch-chemische Untersuchungen.

Von Dr. **Haldor Topsöe** in Kopenhagen.

(Mit 6 Tafeln.)

VI. Reihe.[1]

Schwefelsaures Beryllium $BeSO^4 + 4H^2O$.

Tetragonal:

$$a : c = 1 : 0{\cdot}9461.$$

Beobachtete Formen:

(011).(110).

(Tab. I, Fig. 1.)

Dieses Salz ist früher von Awdejew untersucht worden; seine Zusammensetzung ist in den letzten Jahren von Klatzo bestätigt.

Er krystallisirt in schönen, wasserhellen, oft sehr grossen Combinationen eines Octaëders zweiter Ordnung mit dem Prisma. Die Flächen des Prisma's sind in der Regel gekrümmt. Häufig erscheinen die kleineren Krystalle als rhombische Prismen, indem die zwei einer Verticalzone angehörigen Flächenpaare des Octaëders säulenförmig ausgedehnt sind. Nicht selten kommen Zwillinge vor, nach dem gewöhnlichen Gesetze des tetragonalen Systemes ausgebildet: Umdrehungsaxe die Normale einer Octaëderfläche, welche selbst Zwillingsäquator ist. In einigen Fällen habe ich bei den prismatisch ausgebildeten Krystallen Durch-

---

[1] Von den früheren krystallographisch-chemischen Abhandlungen finden sich die über die Doppelhaloïdsalze des Platins und Palladiums in den „Oversigter over det kgl. danske Videnskabernes Selskab (1868, p. 124, 142; 1869, pag. 74, 246), während die Beobachtungen über die selensauren Salze 1870 als selbständige Arbeit ausgegeben ist.

kreuzungszwillinge beobachtet, denen ähnlich, welche häufig beim rhombischen selensauren Salze vorkommen (wie Fig. 4, Tab. I).

Wenn man das Octaëder als Octaëder zweiter Ordnung nimmt, was zweckmässig wegen der Isomorphie mit dem folgenden Salze erscheint, ergeben sich die Winkelverhältnisse an fünfzehn Krystallen gemessen:

	Anzahl der Krystalle	Anzahl der Messungen	Berechnet	* Beobachtet
* 101 : 10$\bar{1}$	12	14	93° 10·5′	93° 10·5′
101 : $\bar{1}$01	5	5	86° 49·5′	86° 47′
101 : 011	10	13	58° 9′	58° 9·5′
101 : 110	—	—	60° 55′	—

Awdejew fand annähernd 101 : 011 = 58° 0′.

Der optische Character[1] ist: einaxig, negativ. Ich habe eine sehr grosse Anzahl von Krystallen aus verschiedenen Darstellungen untersucht, welche alle ganz unzweideutig die Einaxigkeit bestätigen. Eine Platte bis zu 100° erwärmt, zeigte auch gar keine Veränderung des Kreuzes.

Specifisches Gewicht der Krystalle: 1·725.

Selensaures Beryllium $BeSeO^4 + 4H^2O$.

Rhombisch:

$$a : b : c = 1 : 0·9602 : 0·90275.$$

Beobachtete Formen:

(011).(101).(021).(111).(001).
(Tab. I, Fig. 2—4.)

Dieses Salz, durch Auflösen von kohlensaurem Beryllium in der berechneten Menge Selensäure dargestellt, krystallisirt sehr leicht aus der wässerigen Lösung in farblosen, regelmässig aus-

[1] Die Resultate einer eingehenden optischen Untersuchung von diesem und mehreren anderen hier besprochenen Salzen, welche ich gemeinschaftlich mit Herrn Christiansen ausgeführt habe, finden sich in einer grösseren krystallographisch-optischen Abhandlung, welche wir an die königl. Gesellschaft der Wissenschaften zu Kopenhagen einlieferten. Die Abhandlung ist noch nicht gedruckt worden.

gebildeten, nach der längsten Axe säulenförmigen Combinationen zweier Prismen (011) und (101). Seltener und jedenfalls immer sehr untergeordnet sind das Prisma (021), welches die scharfen Kanten des Prisma's (011) zuschärft, und die Pyramide (111), welche die Combinationsecken der zweien Hauptprismen zuspitzt. Ausser diesen Formen tritt die Endfläche (001) fast immer spurenweise auf. Die Flächen (101) sind gewöhnlich krumm und uneben.

Bisweilen beobachtet man Durchkreuzungszwillinge wie Tab. I, Fig. 4. — Keine bemerkbaren Spaltungsrichtungen.

Die Messungen an siebzehn Krystallen ergaben als Mittelwerthe:

	Anzahl der		Beobachtet	Berechnet
	Krystalle	Messungen		
* $011:01\bar{1}$	8	8	93° 32′	—
$011:0\bar{1}1$	7	7	86° 31′	86° 28′
$011:021$	3	5	18° 54′	18° 46′
$021:01\bar{1}$	2	2	74° 50′	74° 46′
$011:101$	8	10	57° 13′	57° 16′
* $101:10\bar{1}$	8	8	95° 51′	—
$101:111$	1	1	c 34° 30′	34° 55′
$111:1\bar{1}1$	—	—	—	69° 50′
$011:111$	—	—	—	33° 20′
$111:\bar{1}11$	—	—	—	66° 40′
$111:11\bar{1}$	—	—	—	75° 0′

Das Salz ist, wie aus den Kantwinkeln ersichtlich, mit dem tetragonalen schwefelsauren Salze isomorph. Mit Rücksicht auf seine optischen Eigenschaften[1] ist es zwar entschieden zweiaxig, aber die Ebene der optischen Axen ist dem krystallographischen Hauptschnitte *ac* und die erste Mittellinie der Hauptaxe *c* parallel: der Character negativ:

(c b $\underline{a}$).

[1] Aus der oben erwähnten Abhandlung, wo die Details der Untersuchungen niedergelegt sind.

Der Winkel zwischen den optischen Axen ist

$(AB) = 40° 43'$ [1] $AB = 26° 48'$

und die Hauptbrechungscoëfficienten für D

$\mu_a = 1·5027$ $\mu_b = 1·5007$ $\mu_c = 1·4664$,

von welchen die zwei, welche den krystallographischen Axen a und b entsprechen, nur in der dritten Decimalstelle verschieden sind. — Eine Platte senkrecht zur Mittellinie gab bei Erwärmung

$Tp = 24°$	$(AB) = 40° 40'$
60°	40° 24'
75°	40° 14'

so dass es also scheint, als ob die Axen sich bei höherer Temperatur ein wenig nähern.

Die Zusammensetzung wurde dadurch bestimmt, dass das Salz in Wasser gelöst mit Chlorwasserstoffsäure so lange behandelt wurde, bis alles Selen zu seleniger Säure reducirt war. Das Selen wurde durch schwefligsaures Natron als Selen ausgefällt und im Filtrate die Beryllerde durch Ammon und Schwefelammonium niedergeschlagen:

0·999 Gr. gab 0·345 Gr. Se = 34·53% Se und 0·1215 Gr. BeO = 12·11%.

0·857 Gr. verlor bei 100° 0·1425 Gr. Wasser = 16·63%; der Rest gab 0·297 Gr. Selen = 34·65% und 0·1065 Gr. BeO = 12·43%.

Der Formel $BeSeO^4 + 4H^2O$ entspricht:

Se	79	35·21	34·53	34·65
O^3	48	21·38		
BeO	25·4	11·32	12·11	12·43
$4H^2O$	72	32·09		
	224·4	100		

Das Salz verliert bei 100° 2 Mol. Wasser: Gefunden 16·63, Berechnet 16·05.

Das spec. Gewicht der Krystalle (aus zwei Versuchen) 2·029.

---

[1] Aus späteren Versuchen habe ich für $((AB))$ in Oel gemessen, den Werth 27° 18' gefunden, woraus $(AB) = 40° 34'$ und $AB = 26° 43'$.

Isomorphe Mischungen des schwefelsauren und selensauren Berylliums.

Obgleich die zwei Salze verschiedenen Krystallsystemen angehören, bilden sie dennoch, wenn ihre Lösungen zusammengebracht und einem langsamen Verdunsten — bei gewöhnlicher Temperatur über Schwefelsäure — unterworfen werden, wirklich isomorphe Mischungen, welche in den tetragonalen Formen des schwefelsauren Salzes krystallisiren, wenn sie auf 1 Atom Selensäure 7·33 Atomen oder mehr Schwefelsäure enthalten, während sie rhombisch, optisch zweiaxig erscheinen, wenn der Gehalt an Schwefelsäure weniger als 4 Atomen auf 1 Atom Selensäure beträgt.

Ich habe eine Reihe von Versuchen angestellt mit Lösungen, welche enthielten:

a) ungefähr gleiche Molecüle der zweien ursprünglichen Salze,

b) 1 Molecül des selensauren und 3 Mol. des schwefelsauren Salzes,

c) 1 Molecül des selensauren und 5 Mol. des schwefelsauren Salzes.

A. Rhombische Mischungen $Be(SSe)O^4 + 4H^2O$.

a) Die Lösung von gleichen Molecülen lieferte, bei gewöhnlicher Temperatur verdunstet, fünf verschiedene Krystallisationen, die sämmtlich in den gewöhnlichen rhombischen Combinationen (011).(101) des selensauren Salzes erschienen. Die Krystalle waren alle klein, prismatisch nach (011) ausgebildet; ihre Flächen gewöhnlich uneben, namentlich die der Form (101), welche fast immer krumm erschienen.

Erster Krystallanschuss enthaltend 1 Atom Se: 1·5 Atom Schwefel.

Die Zusammensetzung dieses wie der folgenden Salze wurde auf die Weise bestimmt, dass die Selensäure durch anhaltende Behandlung mit Chlorwasserstoffsäure zu seleniger Säure reducirt wurde; das Selen alsdann durch Schwefelwasserstoff als SeS^2 ausgefällt und im Filtrate die Schwefelsäure mit Chlorbaryum niedergeschlagen.

1·307 Gr. gab 0·3715 Gr. SeS^2 = 16·07 % Selen und 0·923 Gr. $BaSO^4$ entsprechend 9·69 % Schwefel.

Die Formel $Be(0·6S.0·4Se)O^4 + 4H^2O$ erfordert

		Gefunden
0·6 S	9·79 %	9·69
0·4 Se	16·11	16·07.

Die Krystalle waren sehr schlecht ausgebildet; eine Platte, senkrecht zur krystallographischen Hauptaxe *c* geschnitten, ergab in Öl ((*AB*)) = 26° 36′.

Der Character ist wie beim selensauren Salze negativ.

Zweiter Anschuss: 1 Atom Se : 1·6 Atom Schwefel.

1·365 Gr. gaben 0·385 Gr. SeS^2 = 15·5 % Selen und 0·985 Gr. $BaSO^4$ = 9·90 % Schwefel entsprechend.

1·209 Gr. gaben 0·3315 Gr. SeS^2 = 15·15 % Selen und 0·881 Gr. $BaSO^4$ = 10·01 % S.

Die Formel $Be(0·62S\ 0·38Se)O^4 + 4H^2O$ gibt

		Gefunden
0·62 S	10·15 %	9·95
0·38 Se	15·38	15·33.

Die krystallographische Untersuchung ergab als Mittelwerthe von Messungen an zehn Krystallen, welche indessen keine sehr genauen Bestimmungen erlaubten:

	Anzahl der Krystalle	Anzahl der Messungen	Beobachtet
011 : 01$\bar{1}$	8	8	93° 40′
011 : 101	5	5	57° 35′.

Der Winkel zwischen den optischen Axen in Öl gemessen, beträgt als Mittel aus Messungen an sechs Krystallen (26° 22′—25° 56′).

((*AB*)) = 26° 13′, woraus (*AB*) = 38° 54′.

Der Character der Krystalle wie bei den übrigen rhombischen Mischungen negativ.

Dritter und vierter Anschuss: 1 At. Selen : 1·56 At. Schwefel.

1·1145 Gr. der dritten Auskrystallisation gaben 0·3145 Gr. SeS^2 = 15·59% Selen und 0·779 $BaSO^4$, 9·77% Schwefel entsprechend

0·993 Gr. des vierten Anschusses gaben 0·280 Gr. SeS^2 = 15·59% Selen und 0·712 Gr. $BaSO^4$ = 9·85% Schwefel.

Die Formel $Be(0·61\,S\ 0·39\,Se)O^4 + 4H^2O$ gibt

		Gefunden	
0·61 S	9·97%	9·77	9·85
0·38 Se	15·72	15·59	15·59.

Die krystallographischen Mittelwerthe aus Beobachtungen an zehn Krystallen sind:

	Anzahl der Krystalle	Anzahl der Messungen	Beobachtet
$101 : 10\bar{1}$	7	8	95° 30′
101 : 011	7	7	57° 26′.

Der optische Axenwinkel in Öl gemessen, ergab sich aus eilf Beobachtungen (25° 52′ bis 26° 24′)

$((AB)) = 26° 6'$, woraus $(AB) = 38° 44'$.

Der fünfte Anschuss enthielt auf 1 Atom Selen circa 1·44 Atom Schwefel.

0·590 Gr. gaben 0·177 Gr. SeS^2 = 16·57% Se und 0·398 Gr. $BeSO^4$ = 9·5% Schwefel.

Der Formel $Be(0·59\,S\ 0·41\,Se)O^4 + 4H^2O$ entspricht

		Gefunden
0·59 S	9·51%	9·5
0·41 Se	16·47	16·57.

Die Krystalle waren zu einer krystallographischen Untersuchung sehr wenig geeignet, indem die Flächen zerfressen und uneben erschienen. An zweien kleinen Nadeln habe ich gefunden

101 : 101	95° 23′
$011 : 01\bar{1}$	93° 22′.

Den Winkel zwischen den optischen Axen in Öl gemessen fand ich in vier Versuchen (25° 55—26° 1′)

$$((AB)) = 25° 57', \text{ woraus } (AB) = 38° 31'.$$

Die sämmtlichen Auskrystallisationen haben, wie aus den Versuchen ersichtlich, ungefähr dieselbe Zusammensetzung, indem das Atomenverhältniss des Selen- und des Schwefelgehalts nur zwischen 1·63 und 1·44 Atomen Schwefel auf 1 Atom Selen schwankte, so dass die kleinen Verschiedenheiten, welche die verschiedenen Krystallanschüsse mit Rücksicht auf die Kantenwinkel und den optischen Axenwinkel gezeigt haben, wohl kaum mit der Variation der Zusammensetzung in Verbindung steht. Wir können demnach die verschiedenen Bestimmungen zusammenfassen als Ausdrücke der Verhältnisse bei einer Mischung von der Mittelzusammensetzung

$$Be(0{\cdot}6\,S\;0{\cdot}4\,Se)O^4 + 4H^2O$$

und erhalten dann als recht zuverlässige Werthe:

	Anzahl der Krystalle	Anzahl der Messungen	Beobachtet
101 : 01$\bar{1}$	11	11	93° 36′
101 : 10$\bar{1}$	9	10	95° 27′
101 : 011	12	12	57° 29′

und für den Winkel zwischen den optischen Axen aus 22 Beobachtungen

$$((AB)) = 26° 6', \text{ woraus } (AB) = 38° 44'.$$

Eine Platte, aus einem etwas grösseren Krystalle geschnitten, gab, bis zu 110° erwärmt, folgende Werthe für den optischen Axenwinkel in der Luft:

$T =$	$(AB) =$
22°	38° 39′
50°	38° 20
70°	38° 0′
80°	38° 5′
90°	38° 2′
110°	37° 56′,

wo eine sehr deutliche Abnahme des Winkels zwischen den beiden Axen bei steigender Temperatur bemerkbar ist.

b) Aus der Lösung, auf 1 Molecül $BeSeO^4$, 3 Mol. $BeSO^4$ enthaltend, erhielt ich erst — in zweien Anschüssen — tetragonale Krystalle. Die Mutterlauge gab dann zwei Auskrystallisationen von rhombischen, optisch zweiaxigen Krystallen, nämlich

Dritter Anschuss mit dem Verhältnisse 1 Atom Selen auf 3·95 Atome Schwefel.

1·141 Gr. gaben 0·176 Gr. SeS^2 = 8·52% Selen und 1·1395 Gr $BaSO^4$ 13·71% Schwefel entsprechend.

Die Formel $Be(0{\cdot}202\,Se\;0{\cdot}798\,S)O^4 + 4H^2O$ entspricht

		Gefunden
0·202 Se	8·52%	8·52
0·798 S	13·67	13·71.

Die Krystalle, die gewöhnlichen säulenförmigen Combinationen des selensauren Salzes, waren zu schlecht ausgebildet, um irgend zuverlässige Messungen geben zu können. Ich habe mich daher dazu beschränkt, den Winkel zwischen den optischen Axen zu messen: An fünf Krystallen beobachtete ich 26° 17′ bis 26° 40′ oder im Mittel

$$((AB)) = 26° 28', \text{ woraus } (AB) = 39° 18'.$$

Die letzte Auskrystallisation enthielt 1 Atom Se: 2·16 Atom Schwefel.

0·886 Gr. bei 100° getrocknet (wobei das Salz zwei Molecüle Wasser verliert) gaben 0·2605 Gr. SeS^2 = 16·24% Selen und 0·917 Gr. $BaSO^4$ 14·21% Schwefel entsprechend.

Die Formel $Be(0{\cdot}3165\,Se\;0{\cdot}6835\,S)O^4 + 2H^2O$ erfordert

		Gefunden
0·3165 Se	15·94%	16·24
0·6835 S	13·94	14·21.

Die Krystalle dieses Anschusses waren zu klein und schlecht ausgebildet, um zu krystallographischen und optischen Versuchen dienen zu können. Ich habe nur constatirt, dass sie optisch

zweiaxig waren, und dass die Axen in Öl einen Winkel von 26—27° einschliessen.

c) Eine Lösung von einem Molecüle $BeSeO^4$ und fünf Molecülen $BeSO^4$ gab erst drei Krystallisationen von optisch einaxigen Krystallen.

Der vierte Anschuss, welchen ich leider durch einen Unfall verhindert ward einer chemischen Untersuchung zu unterwerfen, dessen Zusammensetzung indessen zwischen 7·33 und 2·35 Atomen Schwefel auf 1 Atom Selen lag, gab als Mittel von fünf Messungen in Öl, zwischen 26° 13 und 26° 30 schwankend:

$$((AB)) = 26° 18', \text{ woraus } (AB) = 39° 3'.$$

Die fünfte Auskrystallisation enthielt 1 Atom Selen auf 2·35 Atomen Schwefel.

1·1685 Gr. gaben 0·2615 Gr. SeS^2 = 12·36 % Selen und 0·996 Gr. $BaSO^4$, 11·71 % Schwefel entsprechend.

Die Formel $Be(0{\cdot}3\,Se.0{\cdot}7\,S)O^4 + 4H^2O$ gibt:

		Gefunden
0·3 Se	12·37 %	12·36
0·7 S	11·70 %	11·71.

An einem Krystalle erhielt ich in Öl

$$((AB)) = 26° 14'.$$

B. Tetragonale Mischungen.

Die Lösung b ($BeSeO^4$, $3BeSO^4$) gab, wie oben erwähnt, erst zwei Anschüsse aus optisch einaxigen Krystallen.

Erste Auskrystallisation enthielt 8·51 Atome Schwefel auf 1 Atom Selen.

0·9075 Gr. gaben 0·0755 Gr. SeS^2 = 4·60 % Selen und 1·0465 Gr. $BaSO^4$ = 15·83 % Schwefel.

Die Formel $Be(0{\cdot}105\,Se\ 0{\cdot}895\,S)O^4 + 4H^2O$ gibt

		Gefunden
0·105 Se	4·56 %	4·60
0·895 S	15·71	15·83.

Die Krystalle bestanden aus der gewöhnlichen Combination des schwefelsauren Berylliums: (011).(110); das Prisma war sehr untergeordnet; die Krystalle nach einer der Nebenaxen prismenförmig verlängert.

Aus ziemlich schwankenden Messungen an acht Krystallen erhielt ich als Mittelwerthe:

	Anzahl der Krystalle	Anzahl der Messungen	Beobachtet
$011:01\bar{1}$	8	9	92° 58′
011 : 101	4	4	58° 18′.

Der optische Character (an den acht Krystallen bestimmt) ist wie beim schwefelsauren Salze negativ. Eine Krystallplatte bis auf 100° erwärmt, zeigt keine Veränderung des schwarzen Kreuzes.

Zweiter Anschuss 1 Atom Selen: 7·68 Atome Schwefel. 1·099 Gr. gaben 0·099 Gr. SeS^2 = 4·98% Selen und 1·239 Gr. $BaSO^4$, 15·48% Schwefel entsprechend.

Der Formel $Be(0{\cdot}115\ Se\ 0{\cdot}885\ S)O^4 + 4H^2O$ entspricht:

		Gefunden
0·115 Se	4·98%	4·98
0·885 S	15·49	15·48

Die Krystalle waren, wie die der ersten Auskrystallisation alle optisch einaxig, negativ.

Aus der Lösung *c*, 1 Molecül $BeSeO^4$ auf 5 Molecülen $BeSO^4$ enthaltend, krystallisirte der grösste Theil der Salze erst als tetragonale Mischungen aus. Die Mutterlauge gab dann, wie erwähnt, selenreichere rhombische Krystallisationen.

Erster Krystallanschuss 1 Atom Selen auf 10·1 Atome Schwefel.

1·211 Gr. gaben 0·0865 Gr. SeS^2 = 3·95 Selen und 1·428 $BaSO^4$ = 16·19% S.

$Be(0{\cdot}09\ Se\ 0{\cdot}91\ S)O^4 + 4H^2O$ erfordert

		Gefunden
0·09 Se	3·91%	3·95
0·91 S	16·03	15·19.

Als Mittel von 12 Messungen an 8 recht guten Krystallen erhielt ich

$$011 : 01\bar{1} = 93° \ 9',$$

welcher Werth vollständig mit dem des schwefelsauren Salzes übereinstimmt. Eine Krystallplatte bis auf 100° erwärmt, zeigte keine Veränderung des Axenkreuzes.

Zweiter und dritter Anschuss enthielten auf 1 Atom Selen respective 7·72 und 7·33 Atome Schwefel.

1·010 Gr. des zweiten Anschusses gaben 0·0915 Gr. SeS^2 = 5·01 % Selen und 1·152 Gr. $BaSO^4$ = 15·67 % Schwefel.

0·8525 Gr. der dritten Auskrystallisation gaben 0·081 Gr. SeS^2 = 5·25 % Selen und 0·967 Gr. $BaSO^4$ = 15·58 % Schwefel.

Die Formeln

$Be(0{\cdot}115\,Se\,0{\cdot}885\,S)O^4 + 4H^2O$ und $Be(0.12\,Se\,0{\cdot}88\,S)O^4 + 4H^2O$ erfordern:

		2. Anschuss			3. Anschuss
0·115 Se	4·96 %	5·01	0·12 Se	5·18 %	5·25
0·885 S	15·50	15·67	0·88 S	15·39	15·58.

Die Krystalle, welche zur krystallographischen Untersuchung nicht geeignet waren, hielten sich bei Erwärmung bis auf 100°, ohne Veränderung des optischen Characters zu zeigen.

Aus diesen Versuchen geht hervor, dass die zwei Salze $BeSO^4 + 4H^2O$ und $BeSeO^4 + 4H^2O$, ungeachtet der Verschiedenheit ihrer krystallographischen Symmetrieverhältnisse, im engern Verstande isomorph sind, indem sie ausser den nicht zu verkennenden Analogien — eine gewisse Übereinstimmung in den Dimensionsverhältnissen, in der Ausbildung der Krystalle, in den Molecularvoluminen [1] und endlich auch in ihrem optischen Verhältnisse — zugleich wirkliche isomorphe Mischungen bilden, welche in ihren Eigenschaften sich bald dem einen bald dem andern der zweien einfachen Salze nähern. Diese Thatsache, dass zwei Salze, verschiedenen Krystallsystemen angehörig,

---

[1] $BeSO^4 + 4H^2O$ = 102·8 $BeSeO^4 + 4H^2O$ = 110·6, wo die Differenz, wie ich früher gezeigt habe (vgl. Krystallographisk-kemiske Undersögelser over de selensure Salte, Kopenhagen 1870. pag. 58), wesentlich von der Verschiedenheit der Säuren abhängt.

wirklich nach variablen Verhältnissen zusammenkrystallisiren können, scheint darauf zu deuten, dass die Symmetrieverhältnisse der verschiedenen Krystallsysteme im Besitze einer gewissen Latitüde sind.

Ich habe übrigens einige neuen Untersuchungen begonnen, in welchen ich ähnliche Verhältnisse in andern Fällen der Isomorphie zwischen Salzen, welche verschiedenen Krystallsystemen angehören, nachzuweisen versuche.

Schwefelsaures Platindiamin [1] $N^4H^{12}PtSO^4$.

Tetragonal:

$$a : c = 1 : 1\cdot0250.$$

Beobachtete Formen:

(111).(001).(113).(201).
(Tab. I, Fig. 5, 6.)

Das Salz, welches von Peyrone dargestellt und analysirt worden ist, krystallisirt in sehr schönen, farblosen, ganz durchsichtigen diamantglänzenden Octaëdern durch die basische Endfläche abgestumpft. Sehr häufig sind sie wie Fig. 6 nach diesem Flächenpaare tafelförmig abgeplattet. Sehr untergeordnet kommen die Flächen des dreifach stumpferen Octaëders vor; etwas besser ausgebildet sind die Flächen des Octaëders zweiter Ordnung (201), welche die Mittelecken der Hauptform zuschärfen. Die Flächen dieses Octaëders treten selten vollzählig auf.

In optischer Beziehung sind die Krystalle negativ.

Die Mittelwerthe aus Messungen an 6 Krystallen, welche sich zum genauen Messen sehr gut eigneten, sind:

	Anzahl der Krystalle	Anzahl der Messungen	Beobachtet	Berechnet
001 : 111	4	8	55° 25′	55° 24′
001 : 11Ī	2	2	124° 40′	124° 36′
*111 : 11Ī	4	5	69° 12′	—
111 : ĪĪ1	2	2	110° 47′	110° 48′
111 : 113	—	—	—	29° 36·5′
001 : 113	1	1	c 25° 10′	25° 47·5′

[1] Gerhardt's schwefelsaures Diplatosamin.

	Anzahl der Krystalle	Anzahl der Messungen	Beobachtet	Berechnet
111 : $\bar{1}$11	5	9	71° 6′	71° 11·5′
111 : 1$\bar{1}\bar{1}$	4	4	108° 46·5′	108° 48·5′
001 : 201	5	6	63—64°	64° 0′
201 : 20$\bar{1}$	—	—	—	52° 0′
111 : 201	3	6	39° 23′	39° 27·5′
201 : 021	—	—	—	79° 43′.

Selensaures Ammonium $(NH^4)_2SeO^4$.

Monoklinisch:

$a : b : c = 1·2065 : 1 : 1·9013 \quad ac = 64° 27'$

Beobachtete Formen:

(001)·(100)·(10$\bar{2}$)·(011)·(111)·($\bar{1}$11).
(Tab. II, Fig. 7—12.)

Das Salz, durch Übersättigung einer Lösung von Selensäure mit Ammoniak und Abdampfen der Lösung theils bei gelinder Wärme, theils bei gewöhnlicher Temperatur über Schwefelsäure dargestellt, krystallisirt sehr leicht in recht schönen, farblosen, durchsichtigen säulenförmigen oder tafelförmigen Combinationen der Flächenpaare (001).(100).(10$\bar{2}$) mit dem Klinodoma (011) und den am häufigsten ziemlich untergeordneten Flächen der zwei Hemipyramiden. Die Krystalle sind oft sehr regelmässig ausgebildet (wie Fig. 8) und in diesem Falle durch Vorherrschen von (001) zugleich mehr oder weniger tafelförmig; die — durch Ausbildung der Flächen (001).(100).10$\bar{2}$) im Gleichgewicht — säulenförmigen Krystalle, zeichnen sich in der Regel dadurch aus, dass die Flächen am Ende der Orthodiagonale sehr unregelmässig — wie Fig. 10 — oder gar unvollzählig — wie Fig. 9 — ausgebildet sind.

Zwillingsbildung ist nicht selten; Zwillingsaxe eine Normale zur Fläche (100); die Fläche selbst Umdrehungsäquator. Die Zwillinge (Fig. 11) haben das Aussehen eines rhombischen Prisma's.

Ausgezeichnete Spaltbarkeit parallel den Flächen (100) und (001). Die Mittelwerthe der Messungen an 10 Krystallen sind:

	Anzahl der Krystalle	Anzahl der Messungen	Beobachtet	Berechnet
*100 : 001	5	5	64° 27′	—
$\bar{1}$00 : 001	2	2	115° 33′	115° 33′
001 : $\bar{1}$02	3	4	47° 3′	47° 7′
*$\bar{1}$00 : $\bar{1}$02	3	3	68° 26′	—
*001 : 011	4	4	59° 45·5′	—
011 : 01$\bar{1}$	2	2	c 60° 35′	60° 29′
100 : 111	5	5	44° 2′	44° 0′
100 : 011	3	3	77° 30′	77° 27′
011 : $\bar{1}$11	1	1	43° 2′	43° 7′
011 : 111	2	2	33° 26′	33° 27′
111 : $\bar{1}$11	1	1	76° 24′	76° 34′
100 : $\bar{1}$11	3	3	59° 34′	59° 26′
011 : $\bar{1}$02	—	—	—	69° 57′
$\bar{1}$02 : $\bar{1}$11	2	3	55° 48′	55° 58′
011 : 11$\bar{1}$	1	1	c 53° 54′	54° 5′
111 : 1$\bar{1}$1	—	—	—	75° 52·5′
$\bar{1}$11 : $\bar{1}\bar{1}$1	—	—	—	99° 18′
001 : 111	5	6	52° 48′	52° 59′
001 : $\bar{1}$11	1	2	81° 53′	81° 49′
111 : 11$\bar{1}$	1	1	45° 5·5′	45° 12′
($\bar{1}$02)′ : (10$\bar{2}$)″	1	1	43° 11′	43° 8′.

Die Ebene der optischen Axen ist senkrecht zur Symmetrieebene; die erste Mittellinie senkrecht zur Krystallaxe *b* und bildet mit der Hauptaxe *c* einen Winkel von 3° 19′. Der Character im spitzen Axenwinkel ist positiv; die zweite Mittellinie der Symmetrieaxe parallel. — Eine Platte parallel dem Symmetrieplane geschnitten gab

10$\bar{2}$: c = 24° 50′ und 001 : c = 22° 11′.

Hieraus erhält man als Mittel 001 : c = 22° 14 und das Orientationsschema

(001) aç = 22° 14′. (Tab. II, Fig. 12.)

Die optischen Axen sind in den natürlichen Krystallen durch das Flächenpaar (001) sichtbar. Eine Platte senkrecht zur ersten Mittellinie gab [1]:

[1] An einer andern, nicht ganz zur Mittellinie senkrechten Platte erhielt ich (AB) = 37° 48 und (AB) = 57° 20′.

$((AB)) = 37° \, 10'$, woraus $(AB) = 55° \, 50'$.

Die Zusammensetzung ergab sich aus folgenden Versuchen, wo die Selensäure durch Chromwasserstoffsäure zu seleniger Säure reducirt, und alsdann das Selen durch schwefligsaures Natron ausgefüllt wurde.

0·927 Gr. gaben 0·406 Gr. Selen = 43·80%
0·994 Gr. gaben 0·432 Gr. Selen = 43·51.

Die Formel $(NH^4)_2SeO^4$ erfordert 44·14% Selen.

Es unterliegt demnach gar keinem Zweifel, dass das Salz, welches neutral reagirt und keine selenige Säure enthält, dieselbe Zusammensetzung hat, wie das von Herrn v. Lang[1] beschriebene rhombische, mit dem schwefelsauren Ammoniak isomorphe Salz, mit welchem es in Hinsicht auf die krystallographischen Eigenschaften in gar keiner Beziehung steht. Es scheint übrigens, dass Herr v. Lang schon früher[2] dasselbe Salz gehabt hat in kleinen nadelförmigen Krystallen, „durch ein Prisma von 42° 55′ gebildet, dessen spitze Seitenkanten abgestumpft waren". Die optischen Axen sind in den Prismenflächen sichtbar, „jedoch ist die erste Mittellinie sehr geneigt zur Prismenfläche, während die zweite Mittellinie parallel zur Längenrichtung ist. Die optischen Axen selbst schliessen einen bedeutend kleineren Winkel ein, als bei den ersten gewöhnlichen Krystallen" (wo er ungefähr $78^1/_2°$ ist).

Das Prisma mit seiner Abstumpfung ist wahrscheinlich ein Zwilling gewesen, bei welchem die Winkelverhältnisse sind:

$(\bar{1}02)' : (10\bar{2})'' = 43° \, 8 \qquad (001)' : (00\bar{1})'' = 51° \, 6$
$(001) : (100) = 64° \, 27 \qquad (\bar{1}02) : (\bar{1}00) = 68° \, 26'$,

wo die Winkeldifferenzen wegen der Kleinheit der Krystalle wohl unbeachtet geblieben sind. Auch das optische Verhalten spricht für die Annahme der Identität.

Ich habe mehrmals die Darstellung des Salzes wiederholt; sowohl in ammoniakalischer als in neutraler Lösung erhielt ich

---

[1] Sitzungsberichte d. k. k. Akademie. XLV, 109.
[2] L. c. p. 110.

immer das monoklinische Salz, welches wohl jedenfalls das gewöhnlichste sein muss. Unter welchen Bedingungen das rhombische Salz **auskrystallisirt, ist mir unbekannt.**

Specifisches Gewicht der Krystalle: 2·162—2·192.

Unterschwefelsaures Calcium $CaS^2O^6 + 4H^2O$.

Rhomboëdrisch:

An einigen sehr kleinen, zum Messen gut geeigneten, sechsseitigen Tafeln: die Endfläche (111) durch dihexaëdrische Randflächen der zwei Hauptrhomboëder $\pi(100).\pi(22\bar{1})$ begrenzt beobachtete ich die zwei Winkel

$$111:100 = 59° 58'$$
$$100:1\bar{2}\bar{2} = 60° 7·5,$$

woraus man für (111).(100) 60° 3′ als sehr wahrscheinlichen Werth erhält. — An grössern Krystallen, welche sich nicht messen liessen, beobachtete ich kleine Flächen der beiden $^2/_3$ schärferen Rhomboëder [1], welche gewöhnlich, wie die beiden Hauptrhomboëder dihexaëdrisch ausgebildet, an allen Randkanten vorkommen. An einigen Krystallen kommen nur die Flächen des einen $^2/_3$ schärferen Rhomboëders vor; in diesem Falle treten indessen, einer Zwillingsbildung durch Umdrehung nach der Basis zufolge, seine oberen und unteren Flächen als Zuschärfungen der drei abwechselnden Randkanten der Tafeln auf.

Das specifische Gewicht (aus drei Versuchen) 2·180.

Unterschwefelsaures Mangan $MnS^2O^6 + 6H^2O$.

Triklinisch:

$a:b:c = 0·6734:0·9704:1.$ Marignac

001 : 010 = 91° 17′ 001 : 100 = 62° 46′ 100 : 010 = 86° 5′

$\xi = 86° 32'$ $\eta = 117° 24'$ $\zeta = 95° 4'$.

Die Krystalle sind selten vollständig ausgebildet; gewöhnlich trifft man nur kammförmige Aggregate, aus parallel zusammen-

[1] 111 : 711 = c 50°.

gewachsenen Prismen ohne Endflächen gebildet. Herr **Marignac**[1] hat indessen die folgenden Formen beobachtet:

$$(110).(\bar{1}10).(010).(001).(\bar{1}01).(100),$$

von welchen nur die drei ersten an den gewöhnlichen Krystallen vorkommen. Die Messungen sind wegen der schlechten Ausbildung nicht im Besitze von sehr grosser Genauigkeit; indessen stimmen einige Bestimmungen, welche ich gemacht habe, sehr gut mit den des Herrn **Marignac**; ich beschränke mich daher dazu, zwei Messungen an Spaltungsflächen hier anzuführen, welche zeigen, dass die Spaltungsrichtungen in diesem Salze dieselben sind, wie bei den folgenden isomorphen Salzen; es ist nämlich die Spaltbarkeit vollkommen parallel (110) und (1$\bar{1}$0), sehr gut nach (010)

		Marignac
110 : 1$\bar{1}$0	63° 30′	63° 20′
$\bar{1}$10 : 010	61° 16′	61° 10′.

Das specifische Gewicht 1·757 (aus zwei Versuchen).

Unterschwefelsaures Magnium $MgS^2O^6 + 6H^2O$.

Triklinisch:

$$a : b : c = 0{\cdot}6898 : 0{\cdot}9858 : 1$$

$$001:010 = 89^\circ\ 44' \quad 001:100 = 61^\circ\ 48' \quad 100:010 = 86^\circ\ 27'$$

$$\xi = 89^\circ\ 32' \quad \eta = 118^\circ\ 10' \quad \zeta = 93^\circ\ 21$$

(Tab. II. Fig. 13. Tab. III. Fig. 14, 15.)

Beobachtete Formen:

$$(110).(\bar{1}10).(010).(001).(\bar{1}\bar{1}2).(\bar{1}01).(\bar{1}12).$$

Das Salz kommt sehr selten in vollständig ausgebildeten Krystallen vor; in der Regel erhält man es als gestreifte, oft nadelförmige Prismen, bestehend aus den Flächenpaaren (110). (010), zu welchen seltener ($\bar{1}$10) sich gesellt. Häufig sind sie nach (010) tafelförmig; immer sind sie nach der Hauptaxe *c*

---

[1] Recherches sur les formes cristallines de quelques composés. 1855, p. 31.

verlängert. Wenn Endflächen vorhanden, sind sie gewöhnlich so klein und undeutlich, dass an Messungen gar nicht zu denken ist; nur an zwei kleinen Krystallen gelang es mir, einige recht zuverlässige Bestimmungen zu erhalten, welche erlaubten, die Indices der Flächen festzustellen. Der eine Krystall (Tab. III, Fig. 15), nach (010) stark abgeplattet, zeigte die Formen (001) und ($\bar{1}\bar{1}2$), der andere (Fig. 14), an welchem die zwei Prismen vorherrschend waren, war durch die Formen ($\bar{1}01$) und ($\bar{1}12$) geschlossen.

Spaltbarkeit ausgezeichnet parallel (110) und ($1\bar{1}0$), gut nach (010).

Die Mittelwerthe von Messungen an sechs Krystallen sind:

	Anzahl der Krystalle	Anzahl der Messungen	Beobachtet	Gerechnet
*$110 : 1\bar{1}0$	3	3	63° 17′	—
*$\bar{1}10 : 010$	4	4	60° 56′	—
$010 : 110$	6	7	55° 41′	55° 47′
$\bar{1}10 : \bar{1}01$	1	1	c 52½°	51° 26′
*$\bar{1}10 : \bar{1}\bar{1}2$	1	1	90° 26′	—
$0\bar{1}0 : \bar{1}01$	1	1	87° 7′	86° 34′
$\bar{1}\bar{1}0 : \bar{1}01$	1	1	49° 54′	50° 3′
$\bar{1}01 : \bar{1}12$	1	1	41° 50′	41° 40·5′
$\bar{1}\bar{1}0 : \bar{1}12$	1	1	91° 35′	91° 43·5′
$010 : \bar{1}12$	1	1	c 64°	65° 9′
$0\bar{1}0 : \bar{1}\bar{1}2$	1	1	62° 28′	62° 49′
*$0\bar{1}0 : 001$	1	1	91° 16′	—
*$110 : 001$	1	1	66° 15′	—
$001 : \bar{1}12$	1	1	51° 25′	51° 7′
$\bar{1}\bar{1}0 : \bar{1}\bar{1}2$	—	—	—	62° 38′
$001 : 1\bar{1}0$	1	1	66° 30′	66° 18·5′
$\bar{1}10 : \bar{1}12$	1	1	c 65° 50′	66° 59′.

Das Salz ist vollkommen mit dem Mangansalze isomorph.

Die Zusammensetzung wurde durch vorsichtiges Erhitzen bis zum Glühen bestimmt.

0·979 Gr. hinterliess beim Glühen 0·401 $MgSO^4$ = 40·96 %.

Der Formel $MgS^2O^6 + 6H^2O$, welche Heeren früher für das Salz fand, entspricht

$MgSO^4$ 41·09 % Gefunden 40·96.

Das Salz ist in Wasser sehr leicht löslich; es hält sich unverändert an der Luft.

Specifisches Gewicht, als Mittel aus zwei Versuchen, 1·666.

Unterschwefelsaures Nickel $NiS^2O^6 + 6H^2O$.

Triklinisch:

$$a : b : c = 0·6842 : 0·9819 : 1$$

001 : 010 = 88° 38·5′ 001 : 100 = 61° 43′ 100 : 010 = 86° 7·5′

ξ = 89° 29′ η = 118° 15·5′ ζ = 93° 37′.

Beobachtete Formen:

(110).(Ī10).(010).(Ī01).(011).(0Ī1).(Ī12).(ĪĪ2).

(Tab. II, Fig. 13. Tab. III, Fig. 16, 17.)

Das Salz, von der gewöhnlichen grünen Farbe der Nickelsalze, ist im äusseren Habitus dem Magniumsalze ganz ähnlich; nur beobachtet man häufiger Endflächen, einer ziemlich grossen Anzahl verschiedener Formen angehörig. Von den verticalen Flächen ist das Paar (Ī10) fast immer vorherrschend, oft in der Weise, dass die Krystalle in dieser Richtung tafelförmig werden. Die Hauptaxe ist immer die Richtung der grössten Ausdehnung. Die vollständig ausgebildeten Krystalle sind klein, die Endflächen fast immer undeutlich und wenig spiegelnd. Der gewöhnlichste Formencomplex ist (110).(Ī10).(010).(Ī01) wie Fig. 16. An andern Combinationen habe ich die Endflächen (Ī01) und (011) oder in einem Falle (ĪĪ2).(0Ī1).(011) beobachtet. Die vollständige Form ist in Fig. 17, Tab. III abgebildet.

Ausgezeichnete Spaltbarkeit parallel (110) und (Ī10); gute nach (010).

Die Mittelwerthe aus Messungen an acht Krystallen sind:

	Anzahl der Krystalle	Anzahl der Messungen	Beobachtet	Gerechnet
*110 : 1Ī0	5	5	63° 2′	—
*010 : Ī10	6	9	61° 18′	—
010 : 110	5	5	55° 41′	55° 40′

	Anzahl der Krystalle	Anzahl der Messungen	Beobachtet	Gerechnet
*$\bar{1}10:\bar{1}01$	5	6	51° 12′	—
$1\bar{1}0:0\bar{1}1$	2	2	51—52°	51° 1′
$1\bar{1}0:\bar{1}\bar{1}2$	2	2	c 90° 0′	89° 51′
$0\bar{1}0:\bar{1}01$	4	4	86° 46′	86° 46′
$\bar{1}10:\bar{1}12$	2	2	c 64° 0′	64° 51
*$\bar{1}\bar{1}0:\bar{1}01$	3	4	49° 40′	—
$110:\bar{1}12$	1	2	c 88° 28′	88° 30′
$110:011$	1	1	c 50°	47° 58′
*$\bar{1}01:\bar{1}12$	2	2	41° 50′	—
$0\bar{1}0:0\bar{1}1$	1	1	c 48° 10′	48° 48′
$010:011$	—	—	—	47° 18′
$110:[001]$	—	—	—	66° 9·5′
$\bar{1}\bar{1}0:\bar{1}\bar{1}2$	1	1	c 62° 50′	62° 19′
$0\bar{1}0:\bar{1}\bar{1}2$	1	1	c $61^1/_2$°	62° 38′.

Vollkommen isomorph mit den Mangan- und Magniumsalzen. Die Zusammensetzung ist früher von Heeren bestimmt.

1·355 Gr. bis zum schwachen Glühen erhitzt hinterliess 0·6425 Gr. $NiSO^4$, 47·42 % entsprechend; in Weissglühhitze wurde alle Schwefelsäure weggetrieben. Der Rest 0·308 Gr. = 22·73 % NiO.

Heerens Formel $NiS^2O^6 + 6H^2O$ entspricht

		Gefunden
NiO	22·70 %	22·73
$NiSO^4$	47·24 %	47·42.

Das specifische Gewicht der Krystalle ist in zwei Versuchen zu 1·908 bestimmt.

Unterschwefelsaures Zink $ZnS^2O^6 + 6H^2O$.

Triklinisch, isomorph mit den oben beschriebenen analogen Salzen. Der Habitus der Krystalle vollständig wie der des Magniumsalzes. Ich habe indessen hier niemals durch Endflächen geschlossene Krystalle gefunden. Aus einigen guten Messungen an kleinen Nadeln oder Spaltungsstücken von grössern Krystallen ergibt sich

$$110 : 1\bar{1}0 = 62° 58'$$
$$010 : \bar{1}10 = 61° 18'$$
$$010 : 110 = 55° 34'.$$

Die Spaltungsverhältnisse ganz wie bei dem Magniumsalze. 1·1655 Gr. hinterliess nach schwachem Glühen 0·563 Gr. $ZnSO^4$ = 48·31% und nach Erhitzen bis zur Weissglühhitze 0·283 Gr. ZnO = 24·80%.

Die von Heerens angegebene Formel $ZnS^2O^6 + 6H^2O$ erfordert

		Gefunden
ZnO	24·32%	24·28
$ZnSO^4$	48·35	48·31.

Das specifische Gewicht ist nach zwei Versuchen 1·915.

Unterschwefelsaures Cadmium $CdS^2O^6 + 6H^2O$

Triklinisch:

$$a : b : c = 1 : 0·8315 : 0·8146$$

$$001:010 = 90°45' \quad 001:100 = 73° 13' \quad 100:010 = 112°17·5'$$
$$\xi = 96° 15·5' \quad \eta = 107° 52' \quad \zeta = 66° 55'.$$

Beobachtete Formen:

$(100).(001).(010).(110).(\bar{2}\bar{1}1).(0\bar{1}1)$

(Tab. III, Fig. 18, 19.)

Das Salz, durch Doppelzersetzung von unterschwefelsaurem Baryum mit schwefelsaurem Cadmium dargestellt, krystallisirt in farblosen, wasserhellen, oft ziemlich grossen Krystallen, an welchen die Flächen (100).(010).(110).(001) gut ausgebildet sind, während die Flächenpaare $(0\bar{1}1)$ und $(21\bar{1})$ sehr untergeordnet und selten wegen ihrer Krümmung messbar sind. Die Krystalle sind gewöhnlich nach (100) tafelförmig; durch paralleles Zusammenwachsen — nach (010) — mehrerer solcher Tafeln, bildet sich bei langsamem Verdunsten der Lösung oft nur eine einzelne sehr grosse Krystallplatte, deren Rand durch die Flächen (001) und (010) der einzelnen Individuen treppenförmig erscheint.

Ausgezeichnet spaltbar nach (100), gut nach (110).

Die Messungen an acht Krystallen ergaben:

	Anzahl der Krystalle	Anzahl der Messungen	Beobachtet	Gerechnet
*100 : 110	6	6	62° 9′	—
010 : 110	3	3	50° 14′	50° 8·5′
*100 : 010	6	6	112° 17·5	—
*010 : 001	4	5	90° 45′	—
001 : 0$\bar{1}$1	1	1	45° 5′	45° 1′
*100 : 001	5	7	73° 13′	
110 : 001	1	1	76° 57′	76° 50′
*001 : $\bar{2}\bar{1}$1	2	2	72° 23′	—
$\bar{1}$00 : $\bar{2}\bar{1}$1	1	1	49° 24′	49° 20′
$\bar{2}\bar{1}$1 : 0$\bar{1}$1	1	1	68° 20′	68° 41′
0$\bar{1}$0 : $\bar{2}\bar{1}$1	1	1	77° 20′	77° 34′.

Die Zusammensetzung wurde durch Erhitzen des Salzes bis zum Glühen bestimmt; der Rückstand war $CdSO^4$.

1·1645 Gr. hinterliess 0·633 Gr. $CdSO^4$ = 54·83%

0·980 Gr. hinterliess 0·538 Gr. $CdSO^4$ = 54·90%.

Der Formel $CdS^2O^6 + 6H^2O$ entspricht

		Gefunden
$CdSO^4$	= 54·74%	54·86.

Obgleich das Salz demnach dieselbe Zusammensetzung hat, wie die oben beschriebenen Salze des Magniums, Mangans u. s. w., scheint es dennoch nicht mit ihnen isomorph zu sein. Zwar sind die Winkelverhältnisse der Zone (100).(110).(010) beim Cadmiumsalze mit denjenigen der Zone (110).(001).($\bar{1}\bar{1}$2) bei den andern Salzen übereinstimmend, indem

für CdS^2O^6	für MgS^2O^6
$\bar{1}$00 : 010 = 67° 43′	110 : 001 = 66° 15′
110 : 010 = 50° 8′	001 : $\bar{1}\bar{1}$2 = 51° 7′
100 : 110 = 62° 9′	$\bar{1}\bar{1}$0 : $\bar{1}\bar{1}$2 = 62° 38′

aber zwischen den übrigen Formen scheint gar kein Zusammenhang stattzufinden: auch die Spaltungsrichtungen sind bei den

zwei Salzen verschieden. Ich habe daher die Krystalle des Cadmiumsalzes für sich aufgestellt, ohne Rücksicht auf diese „Zonenisomorphie" zu nehmen.

Das Sälz ist in Wasser sehr leicht löslich, und zerfliesst an feuchter Luft.

Das specifische Gewicht der Krystalle: 2·272.

Unterschwefelsaures Eisen $FeS^2O^6 + 7H^2O$.

Triklinisch:

$$a : b : c = 1 : 0·4498 : 0·4243$$

$$001 : 010 = 81° 2' \quad 001 : 100 = 62° 52' \quad 100 : 010 = 102° 43·5'$$

$$\xi = 107° 10·5' \quad \eta = 120° 36' \quad \zeta = 70° 38·5'.$$

Beobachtete Formen:

(100).(110).(010).(001).($\bar{1}$01).($\bar{2}$01).(0$\bar{1}$1).$\bar{2}\bar{1}$1).(011)

(Tab. IV, Fig. 20—23.)

Das Salz, durch Doppel-Decomposition des unterschwefelsauren Baryums mit schwefelsaurem Eisen dargestellt, krystallisirt bei gewöhnlicher Temperatur aus der Lösung in hellgrünen, durchsichtigen, kurz säulenförmigen Combinationen (100).(110). (010), oben durch eine grössere oder geringere Anzahl Flächen geschlossen. Am häufigsten beobachtet man Flächen der Formen ($\bar{1}$01), (001), (0$\bar{1}$1) und ($\bar{2}\bar{1}$1) wie Fig. 22 und 23. Nicht selten sind diese Formen unvollzählig, wodurch die Krystalle ein sehr unregelmässiges Aussehen erhalten. Bisweilen beobachtet man jedoch sehr schön ausgebildete kleine Krystalle, an welchen der ganze Formencomplex vorhanden ist (Fig. 21, wo jedoch die Flächen (011) nicht eingezeichnet sind). Die Krystalle sind gewöhnlich nach den Flächenpaaren (100) oder (110) etwas abgeplattet.

Spaltbarkeit ausgezeichnet parallel (100), gut nach (110).

Weil die Lösung des Salzes selbst beim Verdunsten bei gewöhnlicher Temperatur über Schwefelsäure oder im luftleeren Raume langsam zersetzt wird, indem ein basisch schwefelsaures Eisenoxyd sich ausscheidet, sind die Flächen gewöhnlich etwas durchgefressen und die der untergeordneten Formen wenig spiegelnd. Die Messungen besitzen daher nicht die erwünsch-

lichste Genauigkeit. Es ist mir indessen durch Vervielfachung der Messungen gelungen, wenigstens die Hauptwinkel mit ziemlicher Zuverlässigkeit zu bestimmen.

Die Mittelwerthe von Messungen an zwölf Krystallen sind:

	Anzahl der Krystalle	Anzahl der Messungen	Beobachtet	Gerechnet
*100 : 110	6	6	74° 2′	—
*100 : 0$\bar{1}$0	8	8	77° 16·5′	—
010 : 110	5	6	28° 41′	28° 41·5′
100 : 001	5	6	62° 59′	62° 52′
100 : 10$\bar{1}$	4	4	91° 30′	91° 41′
001 : $\bar{1}$01	—	—	—	25° 27′
001 : $\bar{2}$01	—	—	—	51° 32′
*100 : 0$\bar{1}$1	6	6	57° 51′	—
100 : 211	4	5	78° 12′	78° 13·5′
0$\bar{1}$1 : $\bar{2}\bar{1}$1	3	3	c 44° 20′	43° 56′
110 : 011	3	3	c 36° 40′	36° 55′
110 : $\bar{1}$01	5	5	73° 2·5′	73° 1′
110 : 21$\bar{1}$	7	7	54° 22′	54° 13·5′
110 : 01$\bar{1}$	3	3	c 72¼°	71° 54′
010 : 21$\bar{1}$	5	5	60° 38′	60° 36′
010 : $\bar{2}$01	1	1	c 71°	69° 19′
$\bar{2}\bar{1}$1 : $\bar{2}$01	1	1	c 49°	50° 5·5
0$\bar{1}$0 : 0$\bar{1}$1	3	4	54° 10′	54° 28·5′
*001 : 010	6	6	81° 2′	—
010 : 011	1	1	c 44°	44° 10′
001 : 0$\bar{1}$1	3	3	c 44° 45′	44° 29·5′
*110 : 001	3	3	67° 47′	—
$\bar{2}\bar{1}$1 : 001	1	1	62° 57′	63° 10′.

1·1275 Gr. hinterliessen beim Erhitzen bis zum starken Glühen 0·264 Gr. Fe^2O^3, 16·37% Eisen entsprechend.

1·029 Gr. verlor über Chlorcalcium 0·0565 Gr. Wasser = 5·48%. Beim Glühen blieb 0·2415 Gr. Fe^2O^3 (= 16·41% Fe), welches mit Salpetersäure befeuchtet und nochmals geglüht, keine Gewichtsveränderung erlitt.

Der Formel $FeS^2O^6 + 7H^2O$ entspricht 16·38% Fe.

Das Salz verliert über Chlorcalcium 1 Mol. Wasser: Gefunden 5·48 %, berechnet 5·26 %.

Heeren hat früher für das unterschwefelsaure Eisen die Formel $FeS^2O^6 + 5H^2O$ angegeben. Er hat indessen die Analyse in der Weise ausgeführt, dass er das Salz durch behutsames Erhitzen in $FeSO^4$ (49·05 %) verwandelte. Es wird indessen wohl schwierig sein, hier alles Wasser auszutreiben und die Unterschwefelsäure vollständig zu zersetzen, ohne dass man die Hitze so viel steigert, dass schon eine Decomposition des $FeSO^4$ eintritt. In diesem Falle erhält man einen zu kleinen Rückstand, ebenso wie man, wenn das „$FeSO^4$" noch Wasser und unterschwefelsaures Salz enthält, einen zu grossen Rest erhält. Ich bin dazu geneigt, anzunehmen, dass dies letztere der Fall in Heeren's Analyse gewesen ist.

Das Salz hält sich ziemlich gut an der Luft bei gewöhnlicher Temperatur, aber schon bei 25—30° beginnt es unter Wasserverlust zu verwittern. Es ist im Wasser leicht löslich, aber die Lösung wird beim Stehen oder Erwärmung — in diesem Falle sehr schnell — zertheilt.

Das spec. Gewicht fand ich in einem Versuche = 1·875.

Unterschwefelsaures Kobalt $CoS^2O^6 + 8H^2O$.

Triklinisch:

$$a : b : c = 1 : 0{\cdot}8682 : 0{\cdot}9748$$

010:001 = 72° 24′ 100:001 = 89′ 10′ 100:010 = 74° 39′

$\xi = 108° 14'$ $\eta = 85° 12'$ $\zeta = 106° 4'$.

Beobachtete Formen:

(001).(100).(010).(1$\bar{1}$0).(1$\bar{1}$1).
(Tab. IV, Fig. 24, 25.)

Es krystallisirt sehr leicht in schönen, regelmässigen Krystallen von der Farbe des schwefelsauren Kobalts. Sie sind nach der *b*-Axe verlängert und theils säulenförmig — mit (001) (100) im Gleichgewichte — theils tafelförmig — nach (001) — ausgebildet. Die Flächen der Formen (1$\bar{1}$0) und (1$\bar{1}$1) kommen an allen Krystallen vor, haben aber eine sehr geringe Ausdehnung; die (1$\bar{1}$1) sind zugleich matt und zur Messung wenig geeignet. Nur an ein Paar Krystallen gelang es mir einige zur Berechnung

brauchbare Bestimmungen zu erhalten. Die übrigen Flächen sind sehr glänzend.

Ausgezeichnete Spaltbarkeit parallel (001); sehr gute nach (100).

Die Mittelwerthe der Bestimmungen an zehn Krystallen sind:

	Anzahl der Krystalle	Anzahl der Messungen	Beobachtet	Berechnet
*100 : 010	5	5	74° 39′	—
010 : $\bar{1}$10	3	3	c 45° 30′	45° 37·5′
100 : 1$\bar{1}$0	3	3	60° 20′	59° 44′
001 : 100	3	3	89° 50′	89° 50′
*001 : $\bar{1}$00	5	6	90° 10′	—
*001 : 010	5	5	72° 24′	—
001 : $\bar{1}$10	4	4	74° 25′	—
001 : 1$\bar{1}$1	5	5	62° 22′	62° 32′
1$\bar{1}$0 : 1$\bar{1}$1	—	—	—	43° 14′
*100 : 1$\bar{1}$1	2	2	62° 12′	—

1·089 Gr. hinterliessen beim sehr mässigen Glühen 0·467 Gr. $CoSO^4$ = 42·88%.

1·022 verloren über Chlorcalcium 0·0955 Gr. Wasser = 9·34%. Bei sehr schwachem Glühen blieb 0·436 Gr. $CoSO^4$ = 42·66%. Dieser Rest wurde einer sehr intensiven Glühhitze ausgesetzt; das hiedurch zurückgebliebene Kobaltoxyd gab im Wasserstoffstrome geglüht 0·165 Gr. metallisches Kobalt = 16·15%.

0·748 Gr. verlor über Chlorcalcium 0·0755 Gr. Wasser = 10·1%.

Der Formel $CoS^2O^6 + 8H^2O$ entspricht:

		Gefunden	
Co	16·25%		16·15
$CoSO^4$	42·69	42·88	42·66.

Heeren hat früher ein unterschwefelsaures Kobalt als eine „undeutlich krystallisirte Masse“ erhalten, für welches er die Formel mit $6H^2O$ fand, also dieselbe Zusammensetzung, welche das oben beschriebene Salz erhält, wenn es über Schwefelsäure oder Chlorcalcium getrocknet wird. (Es verliert nämlich 2 Mol. Wasser: berechnet 9·92, gefunden 9·67.)

Das Salz ist in Wasser leicht löslich; es hält sich ohne Veränderung in feuchter oder kalter Luft, während es in trockener oder warmer Luft schnell verwittert.

Sein spec. Gewicht fand ich in drei Versuchen = 1·8155.

Arsensaures Kalium KH^2AsO^4.

Tetragonal:

$$a : c = 1 : 0·6633.$$

Beobachtete Formen:

(110).(111).(551).
(Tab. IV. Fig. 26.)

Das Salz, welches mit dem analogen phosphorsauren Salze vollständig isomorph ist, krystallisirt in kleinen, oft trüben, nach der Hauptaxe säulenförmigen Combinationen des Prisma's mit dem Octaëder (111). Die Prismenflächen sind seidenglänzend und sehr häufig krumm. An einem einzelnen Krystalle habe ich sehr schlecht ausgebildete Flächen eines sehr spitzen Octaëders, welches in der Zone (110).(111) liegt und die Combinationskanten der zweien Hauptformen abstumpft, beobachtet. Nach einer approximativen Messung scheinen seine Indices (551) zu sein.

Die Mittelwerthe aus Messungen an eilf Krystallen sind:

	Anzahl der Krystalle	Anzahl der Messungen	Beobachtet	Berechnet
111 : $\bar{1}$11	9	14	57° 52′	—
111 : $\bar{1}\bar{1}$1	6	8	86° 21·5′	86° 20′
111 : 110	3	4	46° 51′	46° 50′
111 : $\bar{1}\bar{1}$0	4	4	133° 16′	133° 10′
110 : 551	1	1	c 12° 0′	12° 3′

Specifisches Gewicht 2·862. (Nach Schiff 2·832.)

Arsensaures Ammonium $AH^4.H^2AsO^4$.

Tetragonal:

$$a : c = 1 : 0·7096.$$

Beobachtete Formen:

(110).(111)
(Tab. IV. Fig. 26.)

Schöne, wasserhelle, regelmässig ausgebildete Krystalle, an welchen bald das Octaëder, bald das Prisma vorwiegt; im letzten Falle sind sie nach zweien parallelen Prismenflächen tafelförmig.

Keine deutliche Spaltungsrichtung.

An zwölf Krystallen habe ich folgende Mittelwerthe erhalten:

	Anzahl der Krystalle	Anzahl der Messungen	Beobachtet	Berechnet
*111 : 1̄11	9	11	60° 7′	—
110 : 111	9	15	44° 54·5′	44° 54′
111 : 1̄1̄1	2	2	90° 10′	90° 12′
111 : 111̄	4	4	89° 54′	89° 48′
110 : 110	2	2	90° 0·5′	90° 0′.

Specifisches Gewicht 2·308. (Nach Schiff 2·249).

Chlorsaures Strontium $SrCl^2O^6$.

Rhombisch, hemimorph:

$$a : b : c = 1 : 0·9174 : 0·6003.$$

Beobachtete Formen:

(111).(110).(311).

(Tab. V, Fig. 27.)

Das Salz — durch Lösung von kohlensaurem Strontium in wässeriger Chlorsäure dargestellt — krystallisirt bei gewöhnlicher Temperatur in farblosen, in der Regel trüben Combinationen eines Octaëders mit dem Prisma, welches gewöhnlich sehr untergeordnet ist. An fast allen Krystallen finden sich Flächen des Octaëders (311), welche indessen nur zur Hälfte ausgebildet sind, nämlich als zweiflächige Abstumpfung der im Hauptschnitte *ac* liegenden oberen (oder unteren) Combinationsecken des Prisma's und des Grundoctaëders (Fig. 27).

Die Krystalle sind nach allen Richtungen gleichförmig ausgebildet. Die Flächen sind uneben und werden — wegen der Zerfliesslichkeit des Salzes — sehr schnell an der Luft feucht. Die Messungen sind deshalb — wiewohl ich sie in einem Zimmer, wo die Temperatur auf 25° gehalten wurde, vornahm — ziemlich unsicher.

Die Mittelwerthe sind:

	Anzahl der Krystalle	Anzahl der Messungen	Beobachtet	Berechnet
*111 : 1$\bar{1}$1	4	8	58° 35′	—
111 : $\bar{1}$11	3	5	53° 5′	53° 19·5′
111 : 311	3	4	29° 53′	29° 40′
311 : $\bar{3}$11	1	1	c 113$^1/_2$°	112° 50′
111 : $\bar{1}\bar{1}$1	2	2	82° 59′	83° 11′
*111 : 11$\bar{1}$	4	6	96° 49′	—
111 : 110	1	1	48° 11′	48° 24·5′
110 : 1$\bar{1}$0	1	1	95° 10′	94° 56′
311 : 3$\bar{1}$1	4	4	35° 24′	35° 16′.

0·881 Gr. wurde mit Schwefelsäure eingedampft und geglüht. Das schwefelsaure Strontium wog 0·632 = 40·48 % SrO.

0·572 Gr. mit wässeriger schwefeliger Säure eingedampft, hinterliess 0·4125 Gr. $SrSO^4$ = 40·69 % SrO.

1·324 Gr. wurde mehrere Tage mit wässriger schwefeliger Säure bei gewöhnlicher Temperatur behandelt, der Überschuss der schwefeligen Säure durch Zusatz von zweifach-chromsaurem Kalium entfernt, und dann die zu Chlorwasserstoffsäure reducirte Chlorsäure als Chlorsilber bestimmt. — 1·481 Gr. AgCl = 27·75 % Cl.

Die Formel $SrCl^2O^6$ erfordert

		Procent	Gefunden	
SrO	= 103·6	40·79	40·48	40·69
Cl	= 71·0	27·89	27·75.	

Das Salz ist in Wasser sehr leicht löslich; an der Luft zerfliesst es schnell.

Bromsaures Kupfer $CuBr^2O^6 + 6H^2O$.

Regulär.

Combinationen des Octaëders mit untergeordneten Hexaëderflächen. Das Salz krystallisirt ziemlich leicht in oft sehr grossen, lazurblauen, octaëdrischen Krystallen, deren Flächen krumm und deren Kanten abgerundet erscheinen. Die grösseren Krystalle sind trübe; an kleinen durchsichtigen Octaëdern habe ich

indessen constatirt, dass sie einfach brechend sind, indem sie gar keine Wirkung auf das polarisirte Licht ausüben.

1·8950 Gr. wurden mit Schwefelwasserstoff behandelt; das Schwefelkupfer mit Schwefel im Wasserstoffstrome geglüht, wog 0·354 Gr., 18·68% CuO entsprechend.

0·2978 Gr. wurde mit Jodkalium und Salzsäure versetzt, das hiedurch freigemachte Jod durch eine Lösung von unterschwefeligsaurem Natron (1000·5 Gr. = 12·7 Gr. Jod) titrirt. Verbraucht wurden 90·7 CC., 0·1151 Gr. Jod entsprechend. Da das Kupfer durch das Jodkalium als Kupferjodüre unter Freiwerden von einem Atome Jod gefällt wird, gibt in diesem Falle ein Molecül des bromsauren Salzes nicht wie gewöhnlich 12, sondern 13 Atome Jod:

$$CuBr^2O^6 + 14KJ + 12HCl = CuJ + 2KBr + 12KCl + 6H^2O + 13J.$$

Die Menge des entbundenen Jods 0·1151 Gr. entspricht demnach 56·20% Br^2O^5.

Die Formel $CuBr^2O^6 + 6H^2O$ [1] erfordert:

		Procent	Gefunden	Rammelsberg
CuO	= 79·4	18·58	18·68	19·73
Br^2O^5	= 240	56·15	56·20	56·06.

Das Salz ist isomorph mit dem von Herrn Rammelsberg früher dargestellten Magnesium, Nickel, Kobalt-Salzen.

Specifisches Gewicht 2·583 (aus drei Versuchen).

Bromsaures Cadmium $CdBr^2O^6 + 2H^2O$.

Rhombisch:

$$a : b : c = 1 : 0·98845 : 0·7392.$$

Beobachtete Formen:

(100).(110).(120).(320).(011).(101).(201).(001).(111).
(121).(122).

(Tab. V, Fig. 28—31.)

[1] Herr Rammelsberg hat früher das Salz dargestellt; er erhielt es als undeutliche blaugrüne Krystalle, für welche er die Formel

$$CuBr^2O^6 + 5H^2O$$

annahm. Seine Analyse stimmt indessen eben so gut mit der Formel mit 6 Mol. Wasser.

Das Salz krystallisirt aus der ziemlich concentrirten Lösung bei gewöhnlicher Temperatur in sehr schönen, farblosen, wasserhellen, diamantglänzenden, nach der Hauptaxe verlängerten Krystallen, an welchen man gewöhnlich eine sehr grosse Anzahl Flächen beobachtet. Die vorherrschenden Formen sind (100). (120).(011).(101); die Pinakoïdflächen (100) sind besonders sehr ausgedehnt; häufig erscheinen die Krystalle in dieser Richtung abgeplattet. Von den übrigen Formen trifft man fast an allen Krystallen die zwei Prismen (110) und (201), Fig. 30, und die Pyramide (121); aber auch das Prisma (320) und die Pyramiden (111), (122) sind nicht selten; die Flächen der Pyramiden sind jedoch selten an allen Ecken gleichzeitig ausgebildet. Krystalle, an welchen der ganze Formencomplex ausgebildet war (wie Fig. 31 und 29), und welche eine ausserordentlich regelmässige Gestalt besassen, sind jedoch nicht ungewöhnlich.

Die Flächen sind sehr glänzend; die kleineren haben fast Diamantglanz; die grösseren sind häufig gestreift — namentlich die Flächen (100), welche fast immer mehrere Spiegelbilder gaben. Die Messungen sind im ganzen sehr übereinstimmend, indem die Kantenwinkel, in welchen die Flächen der vorherrschenden Formen eingehen, nur an sehr kleinen nadelförmigen Krystallen, wo die Flächen ohne Streifung auftraten, bestimmt wurden.

Keine deutlichen Spaltungsrichtungen.

Die Mittelwerthe von Messungen an eilf Krystallen sind:

	Anzahl der Krystalle	Anzahl der Messungen	Beobachtet	Berechnet
*120 : $\bar{1}$20	6	7	52° 36′	—
100 : 120	7	12	63° 37′	63° 42′
120 : $\bar{1}$10	2	3	71° 0′	70° 58′
120 : 110	4	4	18° 16′	18° 22′
100 : 110	1	1	45° 20′	45° 20′
110 : 320	1	1	c 11° 20′	11° 20′
100 : 320	1	1	33° 59′	34° 0′
100 : 001	2	4	89° 57	90° 0′
100 : 101	6	7	53° 26′	53° 31·5′
001 : 101	1	3	36° 31′	36° 28·5′
101 : $\bar{1}$01	2	2	73° 1′	72° 57′
100 : 201	2	2	34° 11′	34° 4·5′

	Anzahl der Krystalle	Messungen	Beobachtet	Gerechnet
100 : 011	3	7	89°40—90°4′	90° 0′
011 : 111	4	4	30° 36′	30° 37·5
100 : 111	2	2	59° 5′	59° 22·5′
100 : 122	1	1	c 73° 10′	73° 31′
011 : 122	2	2	c 16° 45′	16° 29′
100 : 121	4	5	67° 46′	67° 40′
121 : 1̄21	2	2	44° 46′	44° 40′
001 : 011	3	4	36° 41′	36° 47·5′
*011 : 01̄1	5	6	73° 35′	—
120 : 101	2	5	74° 42′	74° 44′
120 : 011	6	13	57° 30′	57° 31·5′
001 : 120	3	9	90° 0′ [1]	90° 0′
001 : 121	3	3	58° 48′	59° 4′
001 : 122	2	2	c 39° 45′	39° 49·5′
120 : 122	1	1	50° 23′	50° 10·5′
120 : 121	2	2	30° 55′	30° 56′
001 : 111	1	1	46° 22′	46° 26′
110 : 111	1	1	43° 24′	43° 34′
101 : 121	1	1	50° 25′	50° 15·5′
101 : 111	1	1	30° 45′	31° 1°
111 : 121	1	1	19° 14′	19° 14·5′
101 : 011	5	10	49° 54′	49° 54·5′
110 : 011	4	4	64° 40′	64° 47′
110 : 101	1	1	65° 13′	65° 18·5′
011 : 121	3	3	29° 11′	29° 17′
110 : 121	1	1	35° 40′	35° 30·5′

1·177 Gr. mit Schwefelsäure eingedampft und einer Glühung unterworfen, gaben 0·602 Gr. $CdSO^4$, 31·48% entsprechend.

0·3283 Gr. mit Jodkalium und Chlorwasserstoffsäure versetzt, wurde mit unterschwefligsaurem Natron titrirt (1000·5 CC. 12·7 Gr. Jod entsprechend). Der angewandten Menge des unterschwefligsauren Natrons, nämlich 97·85 CC. entspricht 59·58% Br^2O^5.

[1] Zwischen 89° 43′ und 90° 17′ schwankend.

Die Formel $CdBr^2O^6 + 2H^2O$ erfordert:

		Procent	Gefunden
CdO	= 128	31·68	31·48
Br^2O^5	= 240	59·41	59·58.

Herr Rammelsberg, welcher früher dasselbe Salz [1] untersucht hat, fand 33·38% CdO und 61·92% Br^2O^5, der Formel $CdBr^2O^6 + H^2O$ entsprechend. — Nach meinen Versuchen hat das bromsaure Salz dieselbe Zusammensetzung wie das von Wächter dargestellte chlorsaure Cadmium.

Die Krystalle sind in Wasser sehr leicht löslich und halten sich unveränderlich an der Luft.

Das specifische Gewicht = 3·758. (Aus drei Versuchen.)

Basisch-chlorsaures Quecksilber $HgCl^2O^6 . HgO + H^2O$.

Rhombisch:

$$a : b : c = 1 : 0{\cdot}7974 : 0{\cdot}64595.$$

Beobachtete Formen:

(010).(110).(100).(011).(031).(111).(001).

(Tab. V, Fig. 32; Tab. VI, Fig. 33, 34.)

Das Salz, durch Lösen von überschüssigem, gefälltem Quecksilberoxyd in wässeriger Chlorsäure dargestellt [2], krystallisirt bei gewöhnlicher Temperatur durch langsame Verdunstung der Lösung in farblosen, durchsichtigen, glänzenden Tafeln von den Flächen (010).(110).(011).(100) gebildet. Bisweilen sind die horizontalen Kanten (011):(010) durch Flächen des Prismas (031) abgestumpft, und dann beobachtet man zugleich sehr kleine Flächen der Pyramide (111) an den Kanten (011).(100) aufgesetzt. Die Flächen (001) sind nur an einem einzigen Krystalle

---

[1] „Rhombische Säulen mit Winkeln von 137° und 53°, die scharfen Seitenkanten abgestumpft, und durch zwei schmale Flächen zugeschärft; die Enden mit vier Flächen zugespitzt". (Pogg. Ann. 55, p. 74.)

[2] Die Chlorsäure wurde so lange mit Quecksilberoxyd versetzt, als sich dieses noch löste. Nach Auskrystallisation des in Rede stehenden Salzes — die Lösung wurde über Schwefelsäure verdunstet — erstarrte zuletzt das Ganze zu einer geléeartigen Masse.

beobachtet. Die Krystalle sind immer nach (010) tafelförmig und zugleich etwas nach der Hauptaxe *c* verlängert.

Die Flächen besitzen einen ausgezeichneten Glanz; jedoch sind die der Formen (031) und (100) immer krumm.

Ausgezeichnete Spaltbarkeit parallel (010), gute nach (001).

Die Messungen an dreizehn Krystallen ergaben als Mittelwerthe:

	Anzahl der Krystalle	Anzahl der Messungen	Beobachtet	Berechnet
010 : 110	9	11	38° 33′	38° 34′
*110 : $1\bar{1}0$	7	7	102° 51·5′	—
110 : $\bar{1}10$	4	4	77° 7′	77° 8·5′
110 : 100	2	2	52—53°	51° 26′
010 : 011	4	4	51° 1′	50° 59·5′
011 : $01\bar{1}$	1	1	*c* 101° 45′	101° 59′
*011 : $0\bar{1}1$	3	3	78° 1′	—
001 : 010	1	1	90° 3′	90° 0′
010 : 031	—	—	—	22° 22′
011 : 031	1	1	*c* 30° 0′	28° 37·5′
110 : 011	4	4	60° 26′	60° 31·5′
111 : 011	2	2	*c* 26° 45′	26° 39′
111 : $\bar{1}11$	—	—	—	53° 18′
111 : $1\bar{1}1$	—	—	—	68° 28′
111 : $11\bar{1}$	—	—	—	87° 58′
001 : 110	1	1	89° 55′	90° 0′
110 : 031	—	—	—	46° 18′.

Das Salz ist vollständig mit dem folgenden isomorph.

0·951 Gr. mit Salzsäure so lange erwärmt, bis alles Chlor fortgetrieben war, gab durch SH^2 ausgefällt 0·7335 Gr. HgS = 71·81% HgO.

Die Formel $HgCl^2O^6.HgO+H^2O$ erfordert:

		Procent	Gefunden
2HgO	= 432	71·88	71·81
Cl^2O^5	= 151	25·12	
H^2O	= 18	3·00	

Das Salz scheint beim Aufbewahren zersetzt zu werden; wenigstens gaben die längere Zeit aufbewahrten Krystalle

beim Öffnen des Glases einen sehr hervortretenden Geruch nach unterchloriger Säure. Das Salz wird durch Wasser in der Weise zersetzt, dass sich rothes Quecksilberoxyd ausscheidet, während ein saures Salz sich löst. In sehr verdünnten Säuren lösen die Krystalle sich jedoch vollständig auf.

Specifisches Gewicht 5·150 (annähernd).

Basisch-bromsaures Quecksilber. $HgBr^2O^6 . HgO + H^2O$.

Rhombisch:

$$a : b : c = 1 : 0·7997 : 0·6278.$$

Beobachtete Formen:

(010).(110).(011).(012).(100).(111).

(Tab. V, Fig. 32; Tab. VI. Fig. 35.)

Das Salz wurde erhalten: entweder durch Fällung einer möglichst neutralen Lösung [1] von salpetersaurem Quecksilberoxyd mit bromsaurem Kali, oder durch Behandlung des gefällten Oxydes mit Bromsäure (in verdünnter wässeriger Lösung) im Überschuss. Ich wandte hier auf einem Molecüle HgO anderthalb Molecülen Bromsäure an, und erhielt, wiewohl etwas langsam, alles Oxyd aufgelöst [2]: Durch Erkältung krystallisirte der grösste Theil des angewandten Quecksilberoxydes als $HgBr^2O^6 . HgO + H^2O$ aus [3], während der Rest, in der Bromsäure gelöst, durch Abdampfen als das von Herrn Rammelsberg früher beschriebene neutrale Salz $HgBr^2O^6$ erhalten wurde [4].

[1] Wenn die Flüssigkeit zu viel Salpetersäure enthält, krystallisirt, wenn die beiden Lösungen heiss gemischt werden, nichts beim Erkälten aus; man erhält dann aber bei Abdampfung schön krystallisirte Doppelsalze, Quecksilber, Kalium, Salpetersäure und Bromsäure enthaltend.

[2] Um dies zu erreichen, goss ich nach einer Digestion, in mehreren Stunden fortgesetzt, die Flüssigkeit vom ungelösten Oxyde ab und liess sie erkalten. Nachdem das in der warmen, an Bromsäure reichen Flüssigkeit gelöste basische Salz hiedurch auskrystallisirt war, wurde die Mutterlauge wieder mit dem Oxyde digerirt.

[3] Aus 13 Gr. HgO erhielt ich 15 Gr. des Salzes. Die Analyse siehe unten.

[4] In einem Versuche fand ich 48·2% Br^2O^5, während die Formel des Herrn Rammelsberg — $HgBr^2O^6 + 2H^2O$ — 48·4 erfordert.

Die Krystalle, welche ich durch langsames Erkälten der heiss gemischten Lösungen von HgN^2O^6 und $KBrO^3$ erhielt, waren kleine glänzende Blättchen, in der Regel so dünn, dass die Randflächen kaum sichtbar waren. An einigen, ein wenig dickeren Täfelchen beobachtete ich die in Fig. 35 abgebildeten Combinationen, wo die Randflächen wesentlich aus Flächen der Formen (110).(011) bestanden, indem die übrigen Formen sehr untergeordnet sind. Die Flächen sind glänzend und spiegeln recht gut; die Messungen sind jedoch wegen der Kleinheit der Krystalle nicht so übereinstimmend wie bei dem vorigen Salze.

Die Messungen an sechs Krystallen ergaben:

	Anzahl der Krystalle	Anzahl der Messungen	Beobachtet	Berechnet
110 : 010	6	11	38° 36′	38° 39′
110 : $\bar{1}$10	—	—	—	77 18′
*110 : 1$\bar{1}$0	6	6	102° 42′	—
010 : 100	1	1	90° 6′	90° 0′
*010 : 011	5	10	52° 0′	51° 52′
010 : 012	1	1	68° 11	68° 34′
011 : 0$\bar{1}$1	2	2	76° 36′	76° 16′
012 : 011	—	—	—	16° 42′
012 : 0$\bar{1}$2	—	—	—	42° 52′
*110 : 011	5	7	61° 27′	61° 10′
110 : 012	1	1	73° 2′	73° 25′
011 : 100	1	1	90° 0′	90° 0′
011 : 111	2	2	26° 35′	26° 17′
010 : 111	2	2	56° 10′	56° 23′
110 : 111	1	1	44′ 40′	44° 51′.

Die durch Lösen von HgO in Bromsäure beim Erkälten ausgeschiedenen Krystalle waren etwas dicker: sie bestanden nur aus den Flächen (010).(110).(011) und (100) und glichen vollständig den einfachsten Krystallen des chlorsauren Salzes (Fig.34).

Die Zusammensetzung der durch Fällung dargestellten Krystalle ergab sich aus den folgenden Versuchen:

1·295 Gr. mit Chlorwasserstoffsäure bis zur Vertreibung des entwickelten Broms und Chlors, in der Wärme behandelt, gaben 0·874 Gr. HgS, 62·83% HgO entsprechend.

1·625 Gr. gaben auf dieselbe Weise 1·0945 = 62·71 Gr. HgO.

0·6174 in wässerigem Jodkalium gelöst, mit Chlorwasserstoffsäure versetzt und mit unterschwefeligsaurem Natron titrirt (verbraucht 75·8 CC. einer Lösung, von welcher 713 CC. = 12·7 Gr. Jod) gab 34·44 % Br^2O^5.

0·3551 Gr. erforderte 43·75 CC., 34·56 % Br^2O^5 entsprechend.

Das durch Digestion von HgO mit wässeriger Bromsäure bei Erkaltung der sauren Flüssigkeit ausgeschiedene Salz gab:

0·6685 Gr. durch unterschwefeligsaures Natron titrirt, erforderte 82·6 CC. (713 CC. 12·7 Gr. Jod entsprechend), woraus 34·66 % Br^2O^5.

Die Formel $HgBr^2O^6 . HgO + H^2O$ erfordert:

	Procent	Gefunden		
2HgO = 432	62·61	62·71	62·83	
Br^2O^5 = 240	34·78	34·44	34·56	34·66.

Das Salz wird durch Behandlung mit kaltem Wasser sehr angsam unter Bildung eines gelblichen mehr basischen Salzes zertheilt; durch kochendes Wasser wird es schnell vollständig decomponirt, indem ein saures (oder neutrales) Salz sich löst, während rothes Quecksilberoxyd zurückbleibt. In verdünnten Säuren ist das Salz leicht löslich.

Specifisches Gewicht aus drei Versuchen: 5·815.

Antimonchlorüre $SbCl^3$.

Rhombisch:

$$a : b : c = 1 : 0·945 : 0·643.$$

Beobachtete Formen:

(011).(101).
(Taf. VI, Fig. 36.)

Die Krystalle, durch Schmelzen und langsames Abkühlen dargestellt, waren schöne, wasserhelle, säulenförmige Combinationen der zweien Prismen, ausser welchen ich auch Flächen einer Pyramide, die Mittelecken zuschärfend beobachtete. Wegen der ausserordentlichen Zerfliesslichkeit der Substanz war an eingehende Untersuchung gar nicht zu denken; es gelang mir

nur an drei Krystallen die folgenden Kanten annäherungsweise zu messen:

$$011:0\bar{1}1 = c\,68^1/_2{}^\circ$$
$$101:10\bar{1} = c\,114^1/_2.$$

Kobaltidcyankalium $CoCy^6K^3$.

Monoklinisch[1]:

$a:b:c = 1{\cdot}2861:1:0{\cdot}8093 \quad ac = 89^\circ\ 43{\cdot}5'.$

Beobachtete Formen:

$(110).(100).(\bar{1}22).(322).(011).(\bar{7}44).(722)?(\bar{9}88)?$

(Taf. VI, Fig. 37, 38.)

Das Salz krystallisirt[2] in schönen hellgelben vier- oder sechsseitigen Prismen (110).(100), wo in der Regel (110) vorherrschend ist. Sie sind durch kleine, oft sehr undeutliche Flächen der Formen $(\bar{1}22).(322)$ und bisweilen (011), wie Fig. 38, geschlossen.

Ausser diesen Formen habe ich an einzelnen Krystallen noch die folgenden beobachtet: die negative Hemipyramide $(\bar{7}44)$ an einem Krystalle mit dem Formencomplexe (110).(100). $(011).(\bar{7}44)$; die $(\bar{9}88)$ — in der Combination: $(110).(100).(\bar{1}22).(\bar{9}88)$ — und (722) an einem sehr schönen kleinen kurzsäulenförmigen Krystalle: $(100).(110).(322).(\bar{1}22).(722)$. Die zwei letzten Formen: (722) und $(\bar{9}88)$ sind jedoch wegen der Unsicherheit der Messungen ziemlich zweifelhaft; die beobachteten Kantenwinkel sind nämlich nur:

		Berechnet
$722:322$	$= 22^\circ\ 40'$	$23^\circ\ 24'$
$\bar{9}88:\bar{1}22$	$= 16^\circ\ 15$	$15^\circ\ \ 7'$.

Sehr häufig sind die Krystalle Zwillinge — wie Fig. 37 — nach dem gewöhnlichen Gesetze wie beim Ferridcyankalium ausgebildet (Zusammensetzungsfläche (100), deren Normale Um-

[1] Die Aufstellung der Krystalle ist in Analogie mit Herrn Descloizeaux's Aufstellung des Ferridcyankalium (Mémoires présentés par divers savants à l'Académie des sciences: T. XVIII. 668).

[2] Herr Handl hat früher (Sitzungsb. d. k. k. Akad. XXXII. 248) die Formen $(100).(010).(322).(\bar{1}11).(\bar{1}22)$ an einem Krystalle beobachtet.

drehungsaxe), und ausserdem sind die Pyramidenflächen selten an beiden Enden der Krystalle vollzählig ausgebildet, wodurch die Krystalle ein sehr unregelmässiges Aussehen bekommen. Die Hauptaxe ist immer die Richtung der grössten Ausdehnung.

Spaltbarkeit ausgezeichnet nach (100).

Die Messungen sind wegen Streifung oder Krümmung der Flächen sehr wenig übereinstimmend. Die Mittelwerthe, an 11 Krystallen erhalten, sind:

	Anzahl der Krystalle	Anzahl der Messungen	Beobachtet	Berechnet
*$110 : 1\bar{1}0$	6	6	104° 16′	104° 16′
$110 : \bar{1}10$	2	2	76° 0′	75° 44′
*$110 : 100$	5	7	52° 10′	52° 8′
$\bar{1}00 : \bar{7}44$	1	1	49° 31′	49° 33′
$\bar{1}00 : \bar{1}22$	3	3	74°49′—76°12′	76° 26·5′
$100 : 011$	1	1	88° 27′	89° 48′
$100 : 322$	5	6	53° 39·5′	53° 36′
$\bar{7}44 : 011$	1	1	41° 26′	40° 39′
$011 : 322$	2	3	36°40′—38°40′	36° 12′
$322 : \bar{1}22$	—	—	—	49° 7·5′
*$110 : 322$	7	7	40° 11′	—
$110 : \bar{1}22$	4	4	51° 10′	51° 14′
*$322 : 12\bar{2}$	3	3	91° 25′	—
$110 : 011$	1	1	60° 11′	60° 3·5′
$\bar{1}10 : 3\bar{2}2$	2	2	88° 33′	87° 56′
$110 : \bar{7}44$	1	1	91° 3·5′	91° 10′
$011 : 0\bar{1}1$	1	1	77° 36′	77° 58′
$001 : 011$	—	—	—	38° 59′
$\bar{7}44 : \bar{7}\bar{4}4$	1	1	57° 16′	57° 12′
$322 : 3\bar{2}2$	3	3	60° 42′	60° 50′
$\bar{1}22 : \bar{1}\bar{2}2$	2	3	75° 0′	75° 22′
$(\bar{1}22)' : (\bar{1}\bar{2}2)''$	1	1	27° 28′	27° 7′

Herr Handl, welcher das Salz als rhombisch annahm, fand:

$\bar{1}00 : \bar{1}22 = 76° 19′$
$100 : 322 = 53° 44′$
$322 : 3\bar{2}2 = 60° 53′$,

welche Werthe ziemlich gut mit den meinigen übereinstimmen.

Specifisches Gewicht der Krystalle = 1·913. (Aus zwei Versuchen.)

Das optische Verhalten der Krystalle bestätigt die Annahme des monoklinischen Krystallsystemes. Die Ebene der optischen Axen ist parallel der Symmetrieebene; die erste Mittellinie bildet mit der Hauptaxe einen Winkel von circa 3°30′, der Character innerhalb des spitzen Axenwinkels ist positiv.

An einer Platte, parallel zur Symmetrieebene geschnitten, erhielt ich (100) : ç = 86° 30 und somit:

$$(001)\mathfrak{b}\text{ç} = 3° 13'.$$

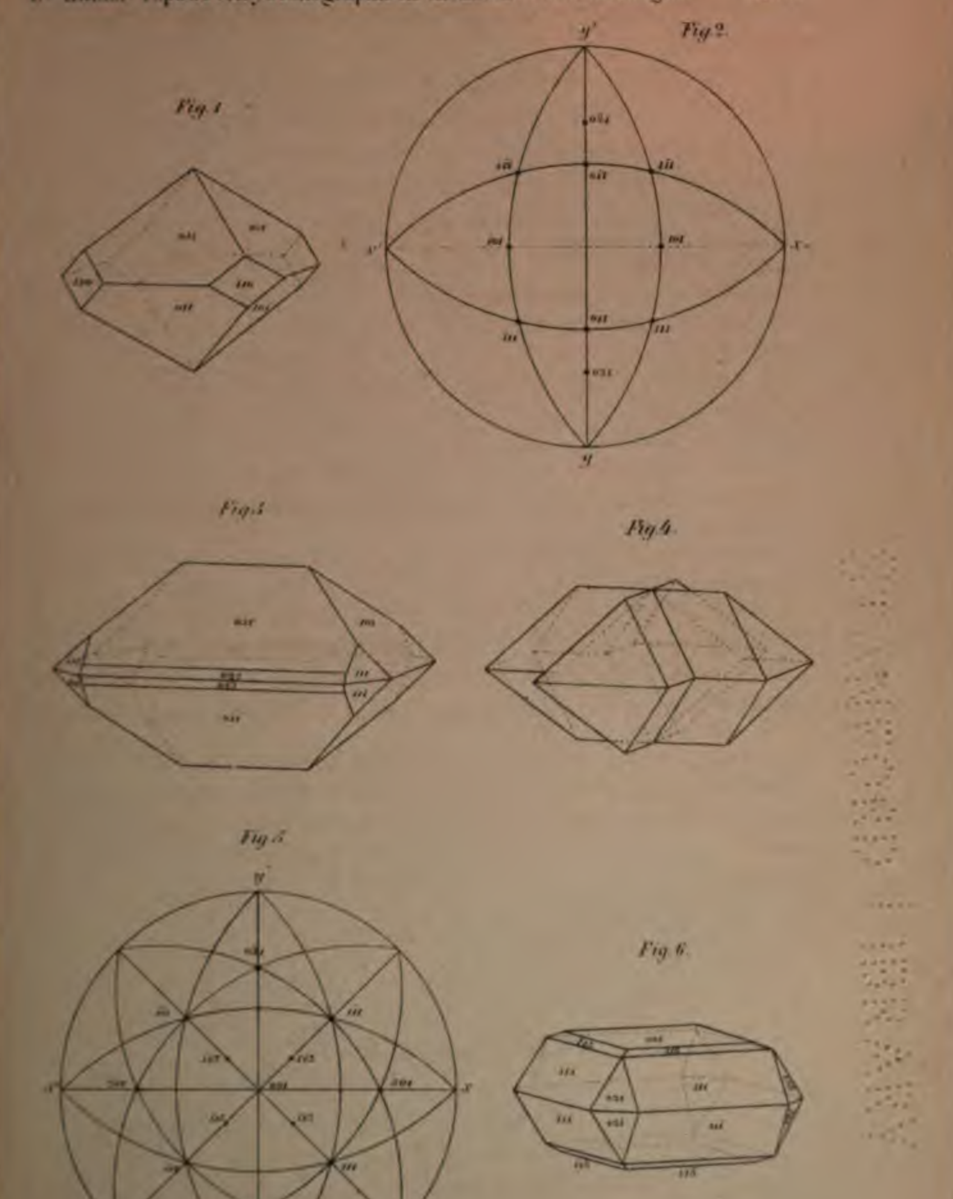
Eine Platte, ziemlich gut zur Mittellinie senkrecht geschnitten, gab für den Axenwinkel in Luft:

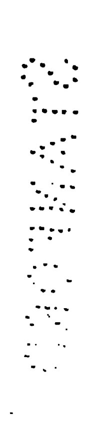
$$(AB) = 31° 10'.$$

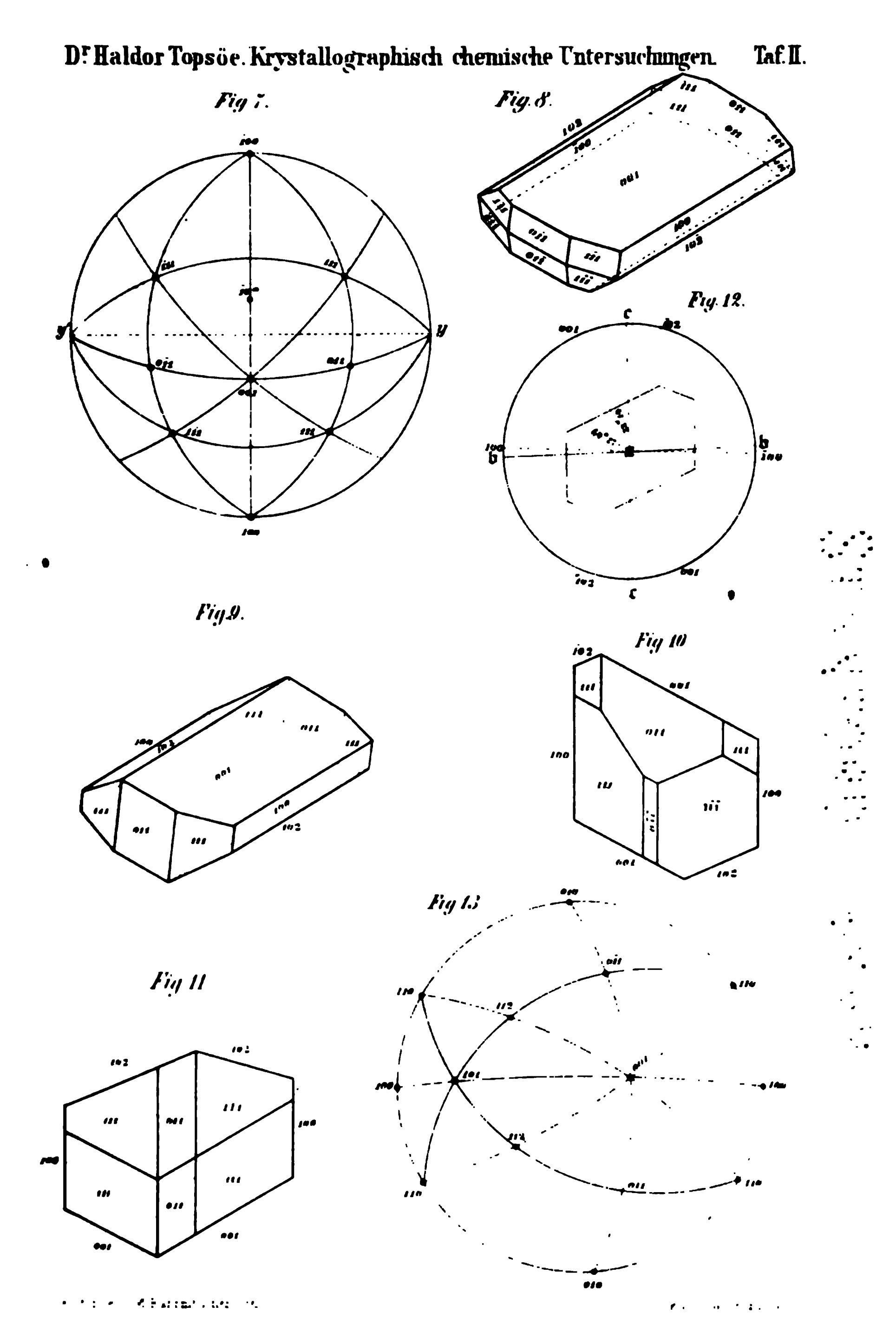
Die Axendispension beträchtlich: $\rho < v$.

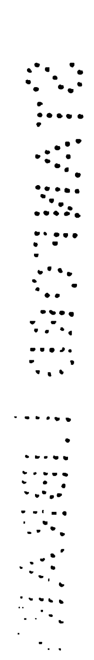
Die Untersuchungen sind im Universitätslaboratorium ausgeführt; für die Liberalität, mit welcher der Director Herr Prof. Julius Thomsen hier, wie gewöhnlich, mir alle Hilfsmittel des Laboratoriums zu Gebote stellte, sei es mir erlaubt, ihm meinen aufrichtigen Dank abzustatten.

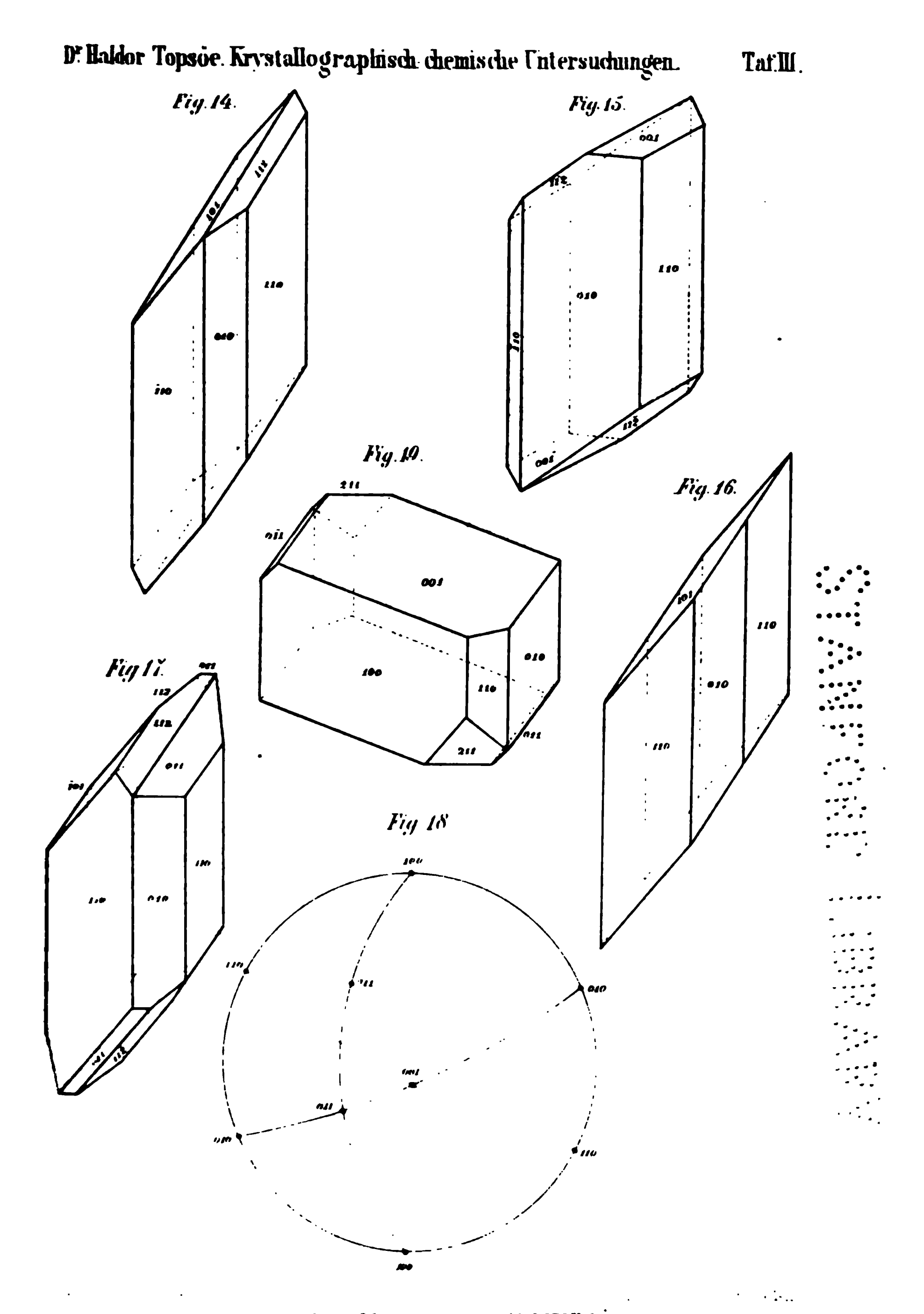
Kopenhagen, den 21. Mai 1872.

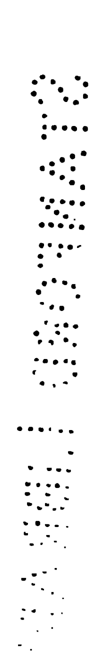





Fig. 7.
Fig. 8.
Fig. 12.
Fig. 9.
Fig. 10
Fig. 13
Fig. 11




Fig. 14.
Fig. 15.
Fig. 10.
Fig. 16.
Fig. 17.
Fig. 18.



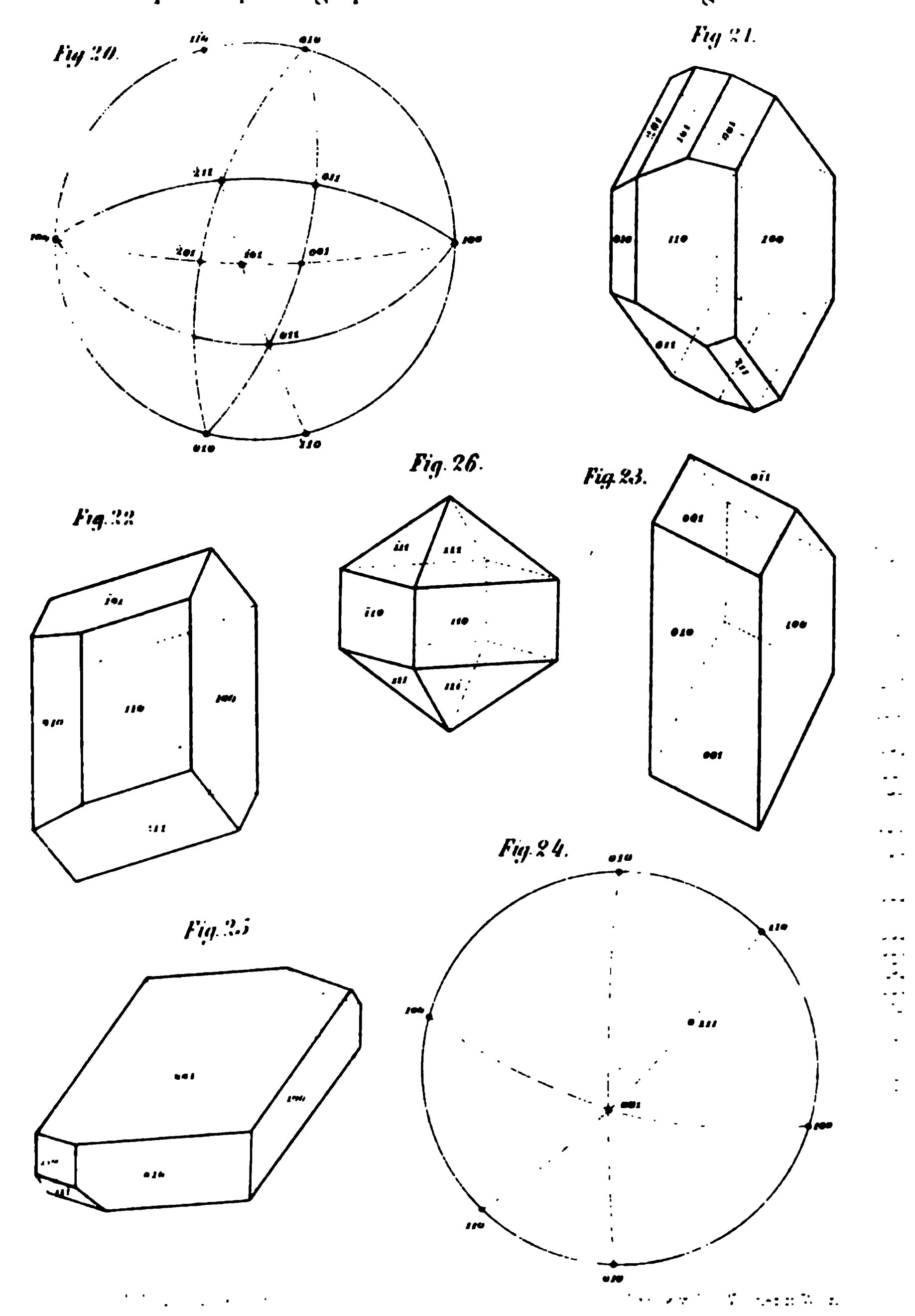

Fig. 20.
Fig. 21.
Fig. 22.
Fig. 26.
Fig. 23.
Fig. 24.
Fig. 25.

Fig. 27.

Fig. 28.

Fig. 29.

Fig. 30.

Fig. 31.

Fig. 32.

Fig. 33.

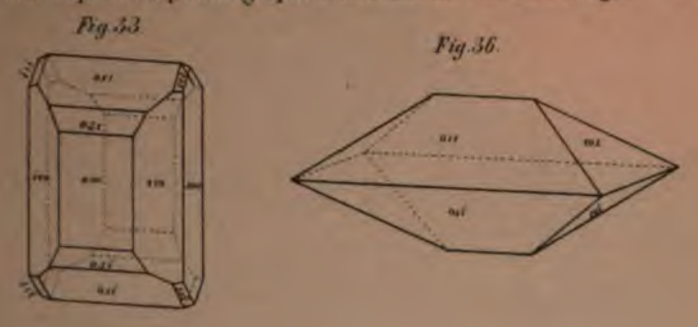


Fig. 36.

Fig. 35.

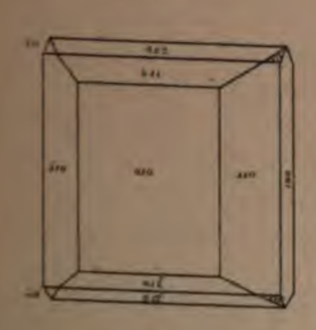


Fig. 34.



Fig. 37.

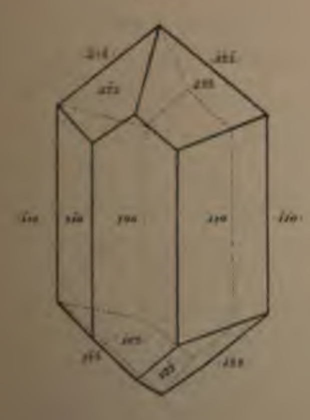


Fig. 38.



Autor del. · M. Fahrnbacher lith. Druck v. Jos. Wagner in Wien.

XVII. SITZUNG VOM 20. JUNI 1872.

In Verhinderung des Präsidenten führt Herr Regierungsrath v. Littrow den Vorsitz.

Der Secretär legt folgende eingesendete Abhandlungen vor:

„Zur Theorie der Functionen X_n^m," vom Herrn Prof. L. Gegenbauer in Krems.

„Über den feineren Bau der Tasthaare," vom Herrn J. Dietl, Assistenten am physiologischen Institute der Universität zu Innsbruck.

Herr Director Dr. J. Stefan überreicht eine Abhandlung des Herrn A. v. Obermayer: „Über das thermoelektrische Verhalten einiger Metalle beim Schmelzen."

Herr Prof. E. Suess legt eine Abhandlung des Herrn Custos Th. Fuchs vor, betitelt: „Geologische Studien in den Tertiärbildungen Süd-Italiens."

Herr Prof. H. Hlasiwetz macht eine vorläufige Mittheilung über die Fortsetzung seiner in Gemeinschaft mit Herrn J. Habermann unternommenen Untersuchung der Proteïnstoffe.

Derselbe übergibt ferner eine, in seinem Laboratorium vom Herrn Dr. H. Weidl ausgeführte Untersuchung über das Nicotin.

Herr Prof. V. v. Lang legt eine Abhandlung vor, betitelt: „Krystallographisch-optische Bestimmungen."

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Accademia Pontificia de' Nuovi Lincei: Atti. Anno XXV, Sess. 5ª. Roma, 1872; 4º.

Akademie der Wissenschaften, kais., zu St. Petersburg: Repertorium für Meteorologie. Band II, Heft 2. St. Petersburg, 1872; 4º.

Annalen der k. k. Sternwarte in Wien. Dritte Folge. XVIII. Band. Jahrgang 1868. Wien, 1872; gr. 8°.

Apotheker-Verein, allgem. österr.: Zeitschrift. 10. Jahrg. Nr. 17. Wien, 1872; 8°.

Astronomische Nachrichten. Nr. 1889—1893. (Bd. 79. 17—18). Altona, 1872; 4°.

Beobachtungen, Schweizer. Meteorologische. October & November 1870; April 1871. Zürich; 4°.

Bibliothèque Universelle et Revue Suisse: Archives des Sciences physiques et naturelles. N. P. Tome XLIVe. Nr. 173. Genève, Lausanne, Paris, 1872; 8°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXIV, Nrs. 22—23. Paris, 1872; 4°.

Delesse, et de Lapparent, Revue de Géologie pour les annés 1868 et 1869. VIII. Paris, 1872; 8°.

Gesellschaft, geographische, in Wien: Mittheilungen. Band XV (neuer Folge V.) Nr. 5. Wien, 1872; 8°.

— Deutsche geologische: Zeitschrift. XXIII. Band, 3. Heft. Berlin, 1871; 8°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXIII. Jahrgang, Nr. 23—24. Wien, 1872; 4°.

Jahrbuch, Neues, für Pharmacie & verwandte Fächer, von Vorwerk. Band XXXVII, Heft 4. Speyer, 1872; 8°.

Landbote, Der steirische. 5. Jahrgang, Nr. 12. Graz, 1872; 4°.

Landwirthschafts-Gesellschaft, k. k., in Wien: Verhandlungen und Mittheilungen. Jahrgang 1872, Nr. 14—15. Wien; 8°.

Mittheilungen des k. k. technischen und administrativen Militär-Comité. Jahrgang 1872, 6. Heft. Wien; 8°.

— aus J. Perthes' geographischer Anstalt. 18. Band, 1872, V. Heft, nebst Ergänzungsheft Nr. 32. Gotha; 4°.

Nature. Nrs. 136—137, Vol. VI. London, 1872; 4°.

Osservatorio del R. Collegio Carlo Alberto in Moncalieri: Bullettino meteorologico. Vol. VI, Nr. 5. Torino, 1871; 4°.

Puyals de la Bastida, Don Vicente, Teoria de los números y perfeccion de las matemáticas. Madrid, 1872; 12°.

„Revue politique et littéraire" et „La Revue scientifique de la France et de l'étranger. I[re] Année (2[e] Série), Nrs. 50—51. Paris & Bruxelles, 1872; 4°.

Società Italiana di Antropologia e di Etnologia: Archivio. II° Vol., fasc. 2°. Firenze, 1871; 8°.

Société Botanique de France: Bulletin. Tome XVIII[e] (1871). Revue bibliographique B—C. Paris; 8°.

Verein, k. ungar. naturwissenschaftlicher: Természettudományi Közlöny. III. Kötet, 19.—28. Füzet. Pest, 1871; kl. 4°.

— naturwissenschaftlicher, in Carlsruhe: Verhandlungen. V. Heft. Carlsruhe, 1871; 8°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXII. Jahrgang, Nr. 22—23. Wien, 1872; 4°.

Wolf, Rudolf, Astronomische Mittheilungen. XXIX. Zürich; 8°.

Zeitschrift des österr. Ingenieur- & Architekten-Vereins. XXIV. Jahrgang, 8. Heft. Wien, 1872; 4°.

Krystallographisch-optische Bestimmungen.

Von dem w. M. **Viktor v. Lang.**

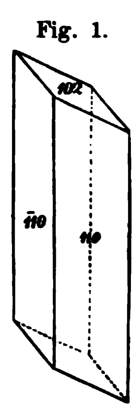
(Mit 8 Holzschnitten.)

Die im Nachfolgenden untersuchten Verbindungen sind nach der Formel $RCl + C_2H_4 . PtCl_2$ zusammengesetzt und wurden mir vor langer Zeit von meinem Freunde Dr. C. A. Martius zur Messung übergeben. Nachdem Zeise[1] die Verbindung des Aethylenplatinchlorürs mit Kalium- und Ammoniumchlorid entdeckt hatte, wurde von Griess und Martius[2] gezeigt, dass an die Stelle von Ammoniak auch Aethylamin (C_2H_8), Anilin (C_6H_7) und ähnliche Basen treten können.

Das Ammoniaksalz enthält nach Zeise ein Molecül Krystallwasser (H_2O); dies muss der Isomorphie zufolge jedenfalls auch für das Kalium und Aethylaminsalz, wahrscheinlich auch für das Anilinsalz gelten. Der Wassergehalt der Pyridin-(C_5H_5) und Lutidin-(C_7H_9) Verbindung bleibt dahin gestellt.

1. Kaliumsalz.

Fig. 1.



Krystallsystem: monoklinisch.

Die Elemente können wegen Mangels genügender Flächen nicht berechnet werden.

Die Symbole der beobachteten Formen werden mit Rücksicht auf die Isomorphie mit dem folgenden Salze:

100, 110, 102.

---

[1] Pogg. Ann. Bd. 21 (1831), S. 497.

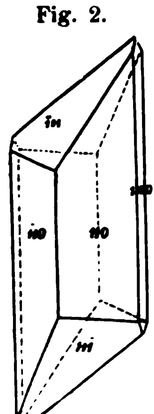
[2] Ann. Ch. Pharm. Bd. 45 (1861), S. 67.

Normalenwinkel:

		Forchhammer[1]	Lang	Gerechnet
110.1$\bar{1}$0	=	103° 58′	104° 26′	104° 30′
110.100		—	52 15	—
110.102		67 55	—	—
102.100		—	—	52 23.

Die Form 102 wurde von Forchhammer beobachtet, während an den von mir untersuchten Krystallen die Enden immer zu undeutlich ausgebildet waren, um Krystallflächen daran erkennen zu lassen. Dagegen zeigten meine Krystalle bisweilen die Abstumpfung der scharfen Seitenkanten des Prisma durch die Form 100.

Fig. 2.



2. Ammoniumsalz.

Krystallsystem: monoklinisch.

Elemente:

$$a : b : c = 1·3553 : 1 : 1·1760$$

$$ac = 107° 39′$$

Formen: 100, 110, $\bar{1}$10.

Normalenwinkel:

		Gerechnet	Beobachtet
110.100	=	52° 15′	52° 15′
110.$\bar{1}$10		75 30	75 32
110.110		104 30	—
$\bar{1}$11.$\bar{1}$01		69 0	—
$\bar{1}$11.$\bar{1}$10		38 34	38 46
$\bar{1}$11.110		69 57	70 8
$\bar{1}$11.$\bar{1}\bar{1}$1		90 40	90 20.

Fig. 3.

Die Krystalle sind prismatisch durch das Vorherrschen des Prisma. Sehr häufig sind Penetrations-Zwillinge, deren Drehungsaxe normal zu 100 ist.

Für die dem Kaliumsalze entsprechende Fläche 102 findet man mit den obigen Elementen

$$102.100 = 52° 17′$$

$$102.100 \quad 68 \quad 0.$$

[1] Pogg. Ann. Bd. 21, S. 513.

3. Aethylaminsalz.

Krystallsystem: monoklinisch.

Isomorph dem Kalium- und Ammoniumsalze.

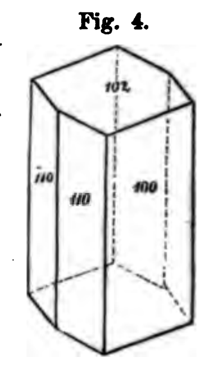
Die Elemente können wegen Mangels genügender Flächen nicht bestimmt werden.

Formen: 100, 110, 102.

Normalenwinkel:

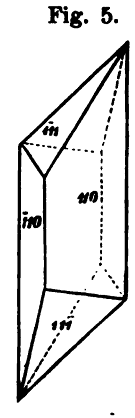
	Beobachtet	Gerechnet
110.100 =	51° 42′	51° 48′
110.$\bar{1}$10	76 24	—
102.100	52 24	—
102.110	67 59	67 50

Fig. 4.



Die Flächen des vorherrschenden Prisma sind meist ungleich entwickelt. Die Fläche 100 ist etwas gekrümmt.

Fig. 5.



4. Anilinsalz.

Krystallsystem: monoklinisch.

Elemente:

$$a : b : c = 0{\cdot}6540 : 1 : 0{\cdot}8200$$
$$ac = 106°\ 6'.$$

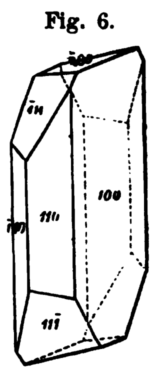
Formen:

100, 110, $\bar{2}05$, $\bar{1}11$.

Normalenwinkel:

	Gerechnet	Beobachtet
110.100 =	32° 10′	32° 6′
110.1$\bar{1}$0	64 20	64 20
110.$\bar{1}$10	115 40	—
$\bar{2}$05.$\bar{1}$00	76 52	76 appr.
$\bar{2}$05.$\bar{1}$10	78 55	—
$\bar{1}$11.$\bar{1}$00	51 50	52 7
$\bar{1}$11.$\bar{1}$10	37 58	37 58
$\bar{1}$11.110	75 4	74 51
$\bar{1}$11.$\bar{1}\bar{1}$1	59 48	60 appr.

Fig. 6.



Die Krystalle aus verschiedenen Krystallisationen besitzen oft ziemlich verschiedenen Habitus. Die Fläche $\bar{2}05$ ist immer gekrümmt und konnte nur näherungsweise bestimmt werden. Die Fläche 100 ist an den tafelförmigen Krystallen (Fig. 6) ebenfalls abgerundet und auch die Flächen $\bar{1}11$ spiegeln nur schlecht.

Diese Verbindung ist vielleicht isomorph mit den vorhergehenden. Wählt man nämlich die Elemente so, dass die Symbole der beobachteten Formen 100, 210, $\bar{3}05$, $\bar{6}34$ werden, so hat man

$$a : b : c = 1{\cdot}3079 : 1 : 1{\cdot}0934$$
$$ac = 106^\circ\ 6',$$

welche Werthe von den Elementen der Ammoniumverbindung nicht allzu viel abweichen.

5. Pyridinsalz.

Fig. 7.

Krystallsystem: rhombisch.

Elemente:

$$a : b : c = 1 : 0{\cdot}8847 : x.$$

Formen: 110, 001.

Normalenwinkel:

110.$\bar{1}$10	= 83° 40′	beobachtet
110.001	90	—

Der rhombische Charakter dieser Krystalle wird auch durch ihr optisches Verhalten bestätigt. Die erste Mittellinie ist nämlich senkrecht zu der Theilungsfläche 001 und daher parallel dem Prisma, während die Ebene der optischen Axen parallel der längeren Diagonale desselben ist. Der optische Charakter der ersten Mittellinie ist negativ; der scheinbare Winkel der Axen ungefähr 30° und derselbe für rothes Licht kleiner als für violettes. Die Anordnung der Farben ebenfalls entsprechend dem rhombischen Systeme.

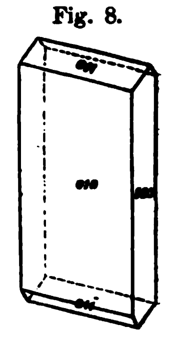
6. Lutidinsalz.

Krystallsystem: triklinisch.

Elemente:

$a : b : c = x : 1 : 0{\cdot}7116$

$bc =$	76° 26′	010.001 =	95° 31′
$ca =$	111° 0′	001.100 =	72° 56′
$ab =$	115° 20′	100.010 =	67° 43′.


Fig. 8.

Formen: 100, 010, 011, 0$\bar{1}$1.

Normalenwinkel:

	Beobachtet	Gerechnet
100.010 =	67° 43′	—
011.010	57 18	—
0$\bar{1}$1.010	129 52	—
011.100	61 4	—
0$\bar{1}$1.100	89 50	89° 21′.

Die Krystalle sind tafelförmig durch das Vorherrschen der Fläche 010.

Zur Theorie der Functionen X_n^m.

Von Leopold Gegenbauer.

Differentiirt man die Gleichung:

$$1.)\quad X_n^m = \frac{m(m+2)\ldots(m+2n-2)}{\Pi(m+2n-1)}\left[(x^2-1)^{n+\frac{m-1}{2}}\right]^{(n+m-1)}$$

nach x, so erhält man:

$$2.)\quad \left[X_n^m\right]' = \frac{m(m+2)\ldots(m+2n-4)}{\Pi(m+2n-3)}\left[x(x^2-1)^{n+\frac{m-3}{2}}\right]^{(n+m-1)}.$$

Schreibt man diese Gleichung in der Form:

$$3.)\quad \left[X_n^m\right]' = \frac{m(m+2)\ldots(m+2n-2)}{\Pi(m+2n-3)}\left[(x^2-1)^{n+\frac{m-3}{2}}\right]^{(n+m-2)}$$

$$+\frac{m(m+2)\ldots(m+2n-6)}{\Pi(m+2n-5)}\left[(x^2-1)^{n+\frac{m-5}{2}}\right]^{(n+m-2)}$$

so sieht man, dass folgende interessante Relation besteht:

$$4.)\quad \left[X_n^m\right]' = (m+2n-2)X_{n-1}^m + \left[X_{n-2}^m\right]'.$$

Setzt man in dieser Formel: $n-2$, $n-4$, $n-6$, ... an die Stelle von n, und addirt alle sich ergebenden Gleichungen, so findet man schliesslich:

$$5.)\quad \left[X_n^m\right]' = (m+2n-2)X_{n-1}^m + (m+2n-6)X_{n-3}^m$$

$$+(m+2n-10)X_{n-5}^m + \ldots$$

Für diese Formel kann man, um die geraden und ungeraden n von einander zu unterscheiden, auch folgende zwei Gleichungen schreiben:

$$6.)\quad \left[X^m_{2r}\right]' = (m+4r-2)X^m_{2r-1} + (m+4r-6)X^m_{2r-3} + (m+4r-10)X^m_{2r-5} + \ldots + (m+2)X^m_1$$

$$7.)\quad \left[X^m_{2r+1}\right]' = (m+4r)X^m_{2r} + (m+4r-4)X^m_{2r-2} + (m+4r-8)X^m_{2r-4} + \ldots + (m+4)X^m_2 + m.$$

Differentiirt man die Formel 5. wiederholt nach x, so erhält man der Reihe nach die folgenden Gleichungen:

$$8.)\quad \left[X^m_n\right]'' = (m+2n-2)(m+2n-4)X^m_{n-2} + 2(m+2n-4)(m+2n-8)X^m_{n-4} + 3(m+2n-6)(m+2n-12)X^m_{n-6} + \ldots$$

$$9.)\quad \left[X^m_n\right]''' = (m+2n-2)(m+2n-4)(m+2n-6)X^m_{n-3} + 3(m+2n-4)(m+2n-6)(m+2n-10)X^m_{n-5}$$
$$+ 6(m+2n-6)(m+2n-8)(m+2n-14)X^m_{n-7} + \ldots$$

$$10.)\quad \left[X^m_n\right]'''' = (m+2n-2)(m+2n-4)(m+2n-6)(m+2n-8)X^m_{n-4}$$
$$+ 4(m+2n-4)(m+2n-6)(m+2n-8)(m+2n-12)X^m_{n-6}$$
$$+ 10(m+2n-6)(m+2n-8)(m+2n-10)(m+2n-16)X^m_{n-8} + \ldots$$

. . . .

$$11.)\quad \left[X_n^m\right]^{(r)} = \sum_{\mu=1}^{\mu=g} \frac{\mu(\mu+1)(\mu+2)\ldots(\mu+r-2)}{(r-1)!}(m+2n-2\mu)(m+2n-2\mu-2)\ldots$$

$$(m+2n-2\mu-2r+4)(m+2n-4\mu-2r+4)\, X^m_{n-r-2\mu+2}$$

wo $r > 0$ ist und g die grösste in $1+\frac{n-r}{2}$ enthaltene ganze Zahl bezeichnet.

Es ist aber:

$$12.)\quad \left[X_n^m\right]^{(r)} = m(m+2)\ldots(m+2r-2)X^{m+2r}_{n-r}$$

und daher kann man die Formel 11.) auch in folgender Gestalt schreiben:

$$13.)\quad X^{m+2r}_{n-r} = \sum_{\mu=1}^{\mu=g} \frac{\mu(\mu+1)(\mu+2)\ldots(\mu+r-2)}{(r-1)!\,m(m+2)\ldots(m+2r-2)}(m+2n-2\mu)(m+2n-2\mu-2)\ldots$$

$$(m+2n-2\mu-2r+4)(m+2n-4\mu-2r+4)\, X^m_{n-r-2\mu+2}.$$

Die Gleichung 13.), welche eine neue bemerkenswerthe Eigenschaft der Functionen X_n^m ausdrückt, werden wir nun benützen, um den Werth des bestimmten Integrales:

$$\int_{-1}^{+1}(1-x^2)^{\frac{m-1}{2}} \cdot X_{n-r}^{m+2r} \cdot X_{n_1-s}^{m+2s} \cdot dx$$

zu ermitteln.

Ist g_1 die grösste in $1+\frac{n_1-s}{2}$ enthaltene ganze Zahl, so hat man die Gleichung:

$$14.)\quad X_{n_1-s}^{m+2s} = \sum_{\nu=1}^{\nu=g_1} \frac{\nu(\nu+1)(\nu+2)\ldots(\nu+s-2)}{(s-1)!\, m(m+2)\ldots(m+2s-2)}(m+2n_1-2\nu)(m+2n_1-2\nu-2)\ldots$$

$$(m+2n_1-2\nu-2s+4)(m+2n_1-4\nu-2s+4)\, X_{n_1-s-2\nu+2}^{m}\,.$$

Multiplicirt man das Product der Gleichungen 13.) und 14.) mit $(1-x^2)^{\frac{m-1}{2}}.dx$ und integrirt alsdann von $x=-1$ bis $x=+1$, so erhält man:

$$15.)\quad \int_{-1}^{+1}(1-x^2)^{\frac{m-1}{2}} \cdot X_{n-r}^{m+2r} \cdot X_{n_1-s}^{m+2s} . dx = \sum_{\mu=1}^{\mu=g}\sum_{\nu=1}^{\nu=g} \frac{\mu(\mu+1)(\mu+2)\ldots(\mu+r-2)\nu(\nu+1)(\nu+2)\ldots(\nu+s-2)}{(r-1)!(s-1)!m(m+2)\ldots(m+2r-2)m(m+2)\ldots(m+2s-2)}\cdot$$

$$(m+2n-2\mu)(m+2n-2\mu-2)\ldots(m+2n-2\mu-2r+4)(m+2n-4\mu-2r+4).$$

$$(m+2n_1-2\nu)(m+2n_1-2\nu-2)\ldots(m+2n_1-2\nu-2s+4)(m+2n_1-4\nu-2s+4).$$

$$\int_{-1}^{+1}(1-x^2)^{\frac{m-1}{2}} . X_{n-r-2\mu+2}^{m} \cdot X_{n_1-s-2\nu+2}^{m} \cdot dx.$$

Allé hat aber gezeigt, dass:

16.) $\int_{-1}^{+1} (1-x^2)^{\frac{m-1}{2}} . X_p^m . X_q^m . dx = 0.$

17.) $\int_{-1}^{+1} (1-x^2)^{\frac{m-1}{2}} . \left(X_p^m\right)^2 . dx = \left[\frac{2^\rho \Pi(\rho)}{\Pi(2\rho)}\right]^2 . \frac{\Pi(\sigma+\rho)}{\Pi(\sigma-\rho)} . \frac{2}{2\sigma+1}$

ist, wenn

$$\frac{m-1}{2} = \rho, \quad p+\rho = \sigma$$

gesetzt wird. Demnach wird das Integral 15.) nur dann einen von Null verschiedenen Werth haben, wenn die Gleichung:

18.) $\mu - \nu = \frac{n-n_1+s-r}{2}$

für $\mu - \nu$ eine ganze Zahl gibt.

Wir können also folgenden Satz aufstellen:

Ist der Ausdruck:

$$\frac{n-n_1+s-r}{2}$$

eine ganze Zahl, so ist:

$$\int_{-1}^{+1}(1-x^2)^{\frac{m-1}{2}}\cdot X_{n-r}^{m+2r}\cdot X_{n_1-s}^{m+2s}\cdot dx=\sum_{\mu=1}^{\mu=g}\sum_{\nu=1}^{\nu=g}\left[\frac{2^\rho\,\Pi(\rho)}{\Pi(2\rho)}\right]^2\cdot\frac{\Pi(\sigma+\rho)}{\Pi(\sigma-\rho)}\cdot\frac{2}{2\sigma+1}\cdot$$

$$\frac{\mu(\mu+1)(\mu+2)\ldots(\mu+r-2)\nu(\nu+1)(\nu+2)\ldots(\nu+s-2)}{(r-1)!(s-1)!m(m+2)\ldots(m+2r-2)m(m+2)\ldots(m+2s-2)}\cdot$$

$$(m+2n-2\mu)(m+2n-2\mu-2)\ldots(m+2n-2\mu-2r+4)(m+2n-4\mu-2r+4)$$

$$(m+2n_1-2\nu)(m+2n_1-2\nu-2)\ldots(m+2n_1-2\nu-2s+4)(m+2n_1-4\nu-2s+4)$$

wo $\rho=\frac{m-1}{2}$, $\sigma=\rho+n-r-2\mu+2$ ist, und für μ und ν alle jene Zahlen zu setzen sind, die der Gleichung:

$$\mu-\nu=\frac{n-n_1+s-r}{2}$$

genügen und so beschaffen sind, dass μ zwischen 1 und g, ν zwischen 1 und g_1 liegt.

Um noch den Werth des bestimmten Integrals:

$$\int_{-1}^{+1}(1-x^2)^{\frac{m-1}{2}}\cdot X_n^m\cdot X_{n_1-s}^{m+2s}\cdot dx$$

zu ermitteln, multipliciren wir die Gleichung 14.) mit $(1-x^2)^{\frac{m-1}{2}}.X_n^m.dx$ und integriren das Product von $x=-1$ bis $x=+1$. Aus der so erhaltenen Gleichung:

$$19.)\quad \int_{-1}^{+1}(1-x^2)^{\frac{m-1}{2}} X^m_n \cdot X^{m+2s}_{n_1-s} \cdot dx = \sum_{\nu=1} \frac{\nu(\nu+1)(\nu+2)\ldots(\nu+s-2)}{(s-1)!\,m(m+2)\ldots(m+2s-2)}(m+2n_1-2\nu)(m+2n_1-2\nu-2)\ldots$$

$$(m+2n_1-2\nu-2s+4)(m+2n_1-4\nu-2s+4).\int_{-1}^{+1}(1-x^2)^{\frac{m-1}{2}} X^m_n \cdot X^m_{n_1-s-2\nu+2} \cdot dx$$

folgt unmittelbar folgender Satz:

Ist:

$$n > n_1 - s$$

oder:

$$n < n_1 - s \quad \text{und gleichzeitig} \quad n_1 - s - n$$

eine ungerade Zahl, so ist:

$$20.)\quad \int_{-1}^{+1}(1-x^2)^{\frac{m-1}{2}} X^m_n \cdot X^{m+2s}_{n_1-s} = 0\,;$$

ist aber

$$n < n_1 - s \quad \text{und gleichzeitig} \quad n_1 - s - n$$

eine gerade Zahl, so ist:

$$21.)\quad \int_{-1}^{+1}(1-x^2)^{\frac{m-1}{2}} X^m_n \cdot X^{n_1-s}_{m+2s} = \left[\frac{2^\rho\,\Pi(\rho)}{\Pi(2\rho)}\right]^2 \frac{\Pi(\sigma+\rho)}{\Pi(\sigma-\rho)}\,\frac{2}{2\sigma+1}\,\frac{(\tau+1)(\tau+2)(\tau+3)\ldots(\tau+s-1)}{(s-1)!\,m(m+2)\ldots(m+2s-2)}.$$

$$(m+2n_1-2\tau-2)(m+2n_1-2\tau-4)\ldots(m+2n_1-2\tau-2\kappa+2)(m+2n_1-4\tau-2\kappa);$$

wo:

$$\rho=\frac{m-1}{2},\quad \sigma=n+\rho,\quad \tau=\frac{n_1-n-\kappa}{2}$$

ist.

Setzt man in den in dieser Arbeit entwickelten Formeln $m=1$ und bedenkt, dass:

$$22.)\quad \left[P^{(\lambda)}\right]^{(\vartheta)}=\frac{\Pi(2\vartheta)}{2^{\vartheta}\Pi(\vartheta)}X_{\lambda-\vartheta}^{1+2\vartheta}$$

ist, so erhält man eine Reihe von Sätzen über Kugelfunctionen erster Art, die schon von A. Winckler im Jahre 1860 aufgestellt wurden.

Über das thermoelectrische Verhalten einiger Metalle beim Schmelzen.

Von **Albert v. Obermayer.**

(Mit 1 Tafel.)

Alle bisher angestellten, mir bekannten Beobachtungen der electromotorischen Kräfte von Thermoelementen beziehen sich auf Metalle im festen Zustande. Es schien mir nicht ohne Interesse, diese Beobachtungen auch auf jene Fälle auszudehnen, wo das eine Metall im Schmelzen begriffen ist, und zu untersuchen, ob die electromotorische Kraft hiebei keine sprungweise Veränderung erleidet.

Die Einrichtung der zu vorbezeichnetem Zwecke benützten Thermoelemente ist aus Fig. 1 zu ersehen. *T* stellt hierin einen Trichter aus feuerfestem Thone vor, in welchem sich das zu schmelzende Metall befindet. Durch die Trichterröhre reicht ein Stab *mm* gleichartigen Metalles herab, dessen freies Ende mit Siegellack überzogen ist. Derlei Stäbchen wurden entweder durch Aufsaugen des geschmolzenen Metalles in erwärmte Glasröhren oder durch Giessen in eisenblecherne Formen angefertigt. Das Stäbchen *mm* taucht mit seinem unteren Ende in eine mit Quecksilber gefüllte Eprouvette, die in Eis eingesenkt ist. Damit das Quecksilber das eingesenkte Metall nicht angreife, ist an letzteres ein kurzes, amalgamirtes Kupferdrahtstückchen gelöthet und die Löthstelle mit Siegellack überzogen. Das zur Kühlung nöthige Eis befindet sich in einem Kasten aus Zinkblech, mit hohlen Wänden, dessen kubischer, innerer Raum fünf Zoll Seitenlänge hat.

Der Trichter ist in eine Blechfassung eingesetzt, welche aus einer, die Trichterröhre eng umschliessenden Röhre *A* und einer

weiteren Röhre *B* besteht. *A* und *B* sind durch angelöthete Spangen *C* mit einander verbunden. Die Röhre *B* passt in die Blechröhre *D* und wird darin durch ihren oberen umgebogenen Rand gehalten. Ein mit Siegellack überzogener Korkstöpsel, durch den das Metallstück *m* hindurchgesteckt ist, verschliesst die untere Öffnung von *A* wasserdicht.

Die Röhre *D* ist central oberhalb, die Röhre *H* central unterhalb auf eine Tasse *F* gelöthet. Das Metallstück *m* tritt durch die Röhre *H* hindurch. Ein Korkstöpsel und ein Siegellacküberzug bewirken auch hier den wasserdichten Verschluss.

Durch das seitliche Röhrenstück *E* und einen Kautschukschlauch kann Wasser aus einem grösseren Behälter in die Röhre *D* geleitet und so das Metallstück *m* gekühlt und vor dem Abschmelzen bewahrt werden. Das Wasser fliesst über den oberen Rand von *B* auf die Tasse und von dieser durch die Röhre *G* ab.

Ein Draht *NN* taucht einerseits in das im Trichter befindliche Metall, anderseits in eine mit Quecksilber gefüllte Eprouvette, die in Eis eingesenkt ist.

Um die ganze Vorrichtung zusammenzustellen, muss zuerst der Trichter mit dem Stäbchen *m* in die Fassung *A*, *C*, *B* eingesetzt, *A* durch Kork und Siegellack verschlossen werden. Sodann muss die Fassung sammt Trichter und Stäbchen in die Röhre *D* eingesetzt, *H* verschlossen und versiegelt und zwischen das Stäbchen *m* und die Wand der Trichterröhre etwas trockener Thon eingefüllt werden. Nun wird die ganze Vorrichtung wie zum Versuche hergerichtet, die Metallmenge *M* eingeschmolzen und der Draht *N* eingesetzt. Es ist sehr vortheilhaft, wenn das Ende des Drahtes, welches in das geschmolzene Metall taucht, sich mit diesem letzteren überziehen lässt.

Die obere Öffnung des Trichters wurde noch mit einem Deckel aus Eisenblech, welcher mit passenden Einschnitten versehen war, bedeckt und die Oberfläche des Metalles mit feinem Kohlenpulver bestreut, um die allzurasche Oxydation zu verhüten.

Das Erhitzen geschah durch Weingeistlampen, deren Einrichtung aus *L* Fig. 1 zu ersehen ist. Jede Lampe hatte zwei Röhren für die Dochte. Wenn vier solche Lampen auf geeigneten Trägern um den Trichter gestellt waren, konnte Zink noch über seinen Schmelzpunkt erhitzt werden. Die Regulirung der Tem-

peratur geschah durch Herausziehen und Hineinschieben der Dochte.

Von einzuschmelzenden Metallen wurden benützt: Chemisch reines Zinn, chemisch reines und käufliches Blei, chemisch reines Zink, käufliches Wismuth und eine Legirung aus drei Äquivalenten Zinn und einem Äquivalente Blei. Diese Legirung schmilzt ohne vorher weich zu werden und unterscheidet sich so von den anderen Zinnbleilegirungen.

Als eintauchende Metalle wurden sehr geschmeidiger, weicher $1^1/_2$ Linien dicker Eisendraht und ein ebenso dicker Kupferdraht benützt.

I. Bestimmung der electromotorischen Kraft.

Um über das Verhältniss der electromotorischen Kräfte Aufschluss zu erhalten, wurden die Thermoelemente mit einer Thermosäule von zwölf Kupfer-Neusilber-Elementen verglichen. Von diesen zwölf Elementen konnten, je nach Bedarf, auch vier oder acht für sich allein benützt werden. Die einen Löthstellen derselben waren durch Einsenken in Eis auf Null Graden, die anderen durch Wasserdampf auf der, dem Barometerstand entsprechenden Siedetemperatur erhalten. Das Siedegefäss hatte in seinem Deckel eine kreisförmige Öffnung, welche durch ein die Elemente zusammenhaltendes, mit Eisenlack und Asphalt überzogenes, in Blech gefasstes Holzstück geschlossen wurde. Eine cylindrische, seitlich und im Boden durchlochte Kammer umschloss die Löthstellen, welche, sowie die in Eis tauchenden, zur Vermeidung zufälliger Nebenschliessungen mit Eisenlack überstrichen waren.

Zur Vergleichung der electromotorischen Kräfte diente die Drahtcombination Fig. 2, worin *e* das zu untersuchende Element und *E* die Kupfer-Neusilber-Kette sind. In den Stromwechslern *a*, *b*, *c* sind die Klemmen durch Anbringung spaltenförmiger Vertiefungen vermieden. In das Quecksilber, mit welchem dieselben gefüllt sind, tauchen gut amalgamirte Zuleitungsdrähte. Central zu den Spalten ist, wie bei den allgemein gebräuchlichen Stromwechslern, ein Metallstäbchen senkrecht in die, jene enthaltende

Holzplatte getrieben. Ein Holzstück lässt sich mit Leichtigkeit um das Stäbchen drehen und längst desselben verschieben; es trägt zwei zweimal rechtwinkelig gebogene, amalgamirte Kupferdrähte, durch welche die Verbindung je zweier nebeneinanderliegender Spalten hergestellt wird.

f, *g*, *h* und *k* sind Quecksilbernäpfchen; zwischen *g* und *h* können Widerstände *W* eingeschaltet werden, deren Grössen zwar ein- für allemal bestimmt, jedoch an den verschiedenen Versuchstagen controlirt wurden, um den Temperatureinfluss zu eliminiren.

Alle in Quecksilber tauchenden Drahtenden sind amalgamirt.

R ist ein Rheostat mit Neusilberdraht und Gleiträdchen. Es wurde bei Beginn der Versuche nebst dem Rheostaten, welcher nur sprungweise regulirte, noch ein Agometer eingeschaltet, welches kleine Widerstandsunterschiede hervorzubringen gestattete. Nachdem sich aber herausstellte, dass der Rheostat durch Einschmieren mit einem feinen, nicht eintrocknenden Öle recht gleichmässig regulirt, wurde das Agometer bei späteren Versuchen hinweggelassen.

S ist ein Mayerstein'sches Electrogalvanometer [1]. Die Ablesungen wurden mit Fernrohr und Scala gemacht. Die beiden Hülfsmagnete, zur Astasirung des kleinen ringförmigen Magneten im Multiplicator, waren bei den Versuchen hinweggelassen. Um das Anschlagen des Magneten an das kupferne Gehäuse des Multiplicators und die daraus entspringenden Veränderungen der Gleichgewichtslage zu verhindern, konnte nach Bedarf ein den Strom hinlänglich schwächender Widerstand *U* eingeschaltet werden. Das Einschalten geschah durch die, aus der Figur ersichtliche Anordnung des Stromwechslers *d*.

Zur Ausführung der Messungen wurde das Element und die Thermokette in Gang gesetzt, dann bei *W* nacheinander gemessene Widerstände w_1 w_2 w_3 .... eingeschaltet. Durch Vorversuche war die zweckmässigste Grösse dieser Widerstände für die einzelnen Thermoelemente aufgesucht worden. Am Rheostaten *R* wurden Widerstände w_1', w_2', w_3'... von solcher Grösse eingeschaltet, dass durch das Galvanometer *S* kein Strom ging.

---

[1] Pogg. Ann. Bd. 114, S. 132. War früher Eigenthum des physiologischen Institutes der k. k. Josephs-Akademie.

Durch Anwendung der beiden Kirchhoff'schen Sätze auf die Vorgänge in der Drahtcombination Fig. 2 gelangt man, bei Combination je zweier Beobachtungen, leicht zu der Formel:

$$\frac{e}{E} = \frac{w_i' - w_k'}{w_i - w_k - w_i' + w_k'},$$

worin e die electromotorische Kraft des zu untersuchenden Elementes, E die electromotorische Kraft der Kette, mit der verglichen wurde, ist. Bei Berechnung der Beobachtungen erwies es sich vortheilhaft, je zwei aufeinanderfolgende Beobachtungen zu combiniren. Es stellten sich so die geringsten, mittleren Beobachtungsfehler heraus.

Nachdem das so gefundene Verhältniss auf ein Kupfer-Neusilber-Element bezogen, berechnet war, musste es noch bezüglich des Barometerstandes corrigirt werden, was durch Multiplication mit dem Factor $\frac{t}{100}$ geschieht, worin t die dem herrschenden Barometerstande entsprechende Siedetemperatur bedeutet.

Die Widerstände w' wurden nicht am Rheostaten abgelesen, selbst dann nicht, als er mit Öl eingeschmiert war, sondern mittelst einer Wheatstone'schen Brücke gemessen. Diese hatte eine ähnliche Einrichtung wie jene, welche ich zum Messen von Widerständen in Platinblechen [1] benützte. Diesmal hatte ich jedoch einen Neusilberdraht, statt eines Stahldrahtes, angewendet und nach dem Verfahren von Siemens [2] einen Umschalter mit der Brücke verbunden.

Dieser Umschalter besteht aus einem vorbeschriebenen Stromwechsler, dessen beide gegenüberliegende Spalten mit den Enden der Brücke durch dicke Kupferdrahtstücke verbunden sind. In die anderen beiden, gegenüberliegenden Spalten tauchen die einen Enden der zu vergleichenden Widerstände; die andern tauchen in das Quecksilbernäpfchen, von welchem der Draht zum Galvanometer führt.

Die Summen der Ablesungen, die man erhält, wenn mittelst des Umschalters die beiden zu vergleichenden Widerstände verwechselt werden, müssen stets die Länge des Messdrahtes geben.

---

[1] Sitzb. d. Wr. Akad. Bd. LX, S. 247. [2] Pogg. Ann. Bd. 110, S. 9.

Durch die Fehler beim Anlöthen des Messdrahtes an die dicken Kupferdrahtstücke können leicht Übergangswiderstände hervorgerufen werden. Durch das Umschalten der Widerstände während des Vergleichens wird man hierauf aufmerksam. Es müssen fehlerhafte Brückendrähte entweder ausgewechselt, oder an den berechneten Widerständen Correctionen angebracht werden. Entschliesst man sich zu letzterem Vorgange, so sind die zu vergleichenden Widerstände so zu wählen, dass die Ablesungen nie viel über zwei Drittel der Länge des Messdrahtes betragen. Die Genauigkeit der Messungen mit der, von mir verwendeten Brücke dürfte ungefähr 0·5 Pct. betragen, was für den vorliegenden Zweck vollkommen ausreicht.

Es folgt nun eine Tabelle, welche die Zusammenstellung der gewonnenen Resultate enthält:

e bedeutet hierin das Verhältniss der electromotorischen Kraft des Thermoelementes, bezogen auf ein Kupfer-Neusilber-Element, bei 100° C. Temperaturs-Differenz der Löthstellen;
m die Anzahl der Kupfer-Neusilber-Elemente, mit denen verglichen wurde,
n die Anzahl der Versuche,
F den mittleren Fehler einer Beobachtung,
f den mittleren Fehler des Resultates,

letztere beiden Grössen nach den Formeln

$$F=\sqrt{\frac{\Sigma}{n-1}},\qquad f=\sqrt{\frac{\Sigma}{n(n-1)}}$$

gerechnet, worin Σ die Summe der Fehlerquadrate bedeutet.

Element	*e*	*m*	*n*	*F*		*f*	
Eisen, Zinn	1·680	8	26	0·146	9%	0·029	1·7%
	1·698	8	9	0·177		0·059	
Eisen, Blei	1·900	8	20	0·061	3·1%	0·014	0·7%
	1·891	8	21	0·057		0·013	
Eisen, Zink	0·400	4	16	0·028	7%	0·007	1·8%
	0·382	4	15	0·023		0·006	
Kupfer, Zink . . .	0·553	4	12	0·010	1·3%	0·003	0·5%
Eisen, Wismuth . .	11·62	4	12	2·99	30%	0·2	7%
Eisen, $PbSn_3$ . . .	1·497	8	12	0·160	10·7%	0·046	3·1%

Selbstverständlich ist hiebei die Temperatur der erwärmten Löthstelle die Schmelztemperatur des leichter flüssigen Metalles.

Endlich wurde noch eine Vergleichung der zwölf Kupfer-Neusilber-Elemente mit einem Daniel'schen Elemente vorgenommen, dessen Zink ein sehr gut amalgamirtes Stäbchen war. Die electromotorische Kraft des Daniel'schen Elementes ergab sich aus neun Beobachtungen gleich der, von 671 Kupfer-Neusilber-Elementen. Die Fehler sind $F = 34$ oder $5^0/_0$ und $F = 9$ oder $1{\cdot}3^0/_0$.

Die mittleren Beobachtungsfehler stellen sich, Wismuth ausgenommen, nicht sehr gross heraus; sie sind im allgemeinen um so bedeutender, je tiefer die Temperatur ist, bei der beobachtet wurde. Es weist dies darauf hin, dass allenfallsige Änderungen der electromotorischen Kraft während des Schmelzens höchstens beim Wismuth von Belang sein können.

II. Die Änderung der electromotorischen Kraft der Thermoelemente, während des Schmelzens und Erstarrens.

Zu diesen Versuchen wurden die Elemente nebst einem ausreichenden Widerstande in den Schliessungskreis des Galvanometer eingeschaltet und die Ablesungen an der, in Millimeter getheilten, 1355 Mm. vom Spiegel entfernten Scala beobachtet. Die mit Quecksilber gefüllten Eprouvetten, welche die Verbindung des Elementes mit dem Schliessungskreise vermitteln, waren bei diesen Versuchen in Wasser von der fast constanten Zimmertemperatur von 20° C. eingetaucht.

Wegen der grossen Metallquerschnitte ist die Änderung des Widerstandes in den Thermoelementen zu vernachlässigen, so dass die electromotorische Kraft der Stromstärke proportional gesetzt werden kann. Es handelt sich also in den vorliegenden Versuchen zunächst darum, zu entscheiden, ob die Stromstärke während eines gewissen Zeitabschnittes constant geblieben ist, oder sich geändert hat. Es wird daher genügen, im nachfolgenden nur die Ablesungen an der Scala anzuführen.

In den nachstehend beschriebenen vier Versuchen war in den Schliessungskreis des Elementes nebst dem Galvanometer, dessen Widerstand sehr nahe zwei Siemens'sche Quecksilbereinheiten betrug, noch ein Widerstand von 6·4 *SE* eingeschaltet.

1. Beim Zinn-Eisen-Elemente war die Ablesung während des Schmelzens 174·5, sie stieg sehr langsam auf 176. Bei weiterem Erhitzen des flüssigen Zinnes stieg auch die Stromstärke, schien sich aber einem Maximum zu nähern. Eine Abnahme der Stromstärke liess sich nicht constatiren, trotzdem ich bis zur Schmelztemperatur des Zinks ungefähr erhitzt haben mochte. Während des Erkaltens war das Element sich selbst überlassen, es nahm die Ablesung bis gegen 176 ab, erreichte nach längerer Zeit 175. Mittlerweile war das Zinn erstarrt. Nach dem Erstarren nahm die Ablesung sehr gleichmässig ab. Bei vielen vorhergehenden, zu verschiedenen Zeiten und mit verschiedenen Eisen-Zinn-Elementen angestellten Versuchen, gelangte ich stets zu dem Resultate, dass während des Schmelzens und Erstarrens die Stromstärke denselben Werth beibehalte.

2. Ein Eisen-Bleielement ergab während des Schmelzens und während des Erstarrens die constante Ablesung 198.

3. Ein Eisen-$PbSn_3$-Element gab sowohl während des Schmelzens, als während des Erstarrens die constante Ablesung 150.

4. Ein Eisen-Pb_3Sn-Element ergab eine, während des Schmelzens sich unregelmassig ändernde Ablesung. Es wird nämlich die Legirung vor dem Schmelzen erst bröckelig.

5. Nebst dem Galvanometer war in den Schliessungskreis des Eisen-Zink-Elementes kein Widerstand eingeschaltet. Vor dem Schmelzen war die Ablesung im Abnehmen begriffen, beim Beginn des Schmelzens war sie 100, während des Schmelzens sank sie allmälig auf 95, nach dem Schmelzen ziemlich rasch noch tiefer. Das Erstarren fand bei einer Ablesung von 110 bis 115 statt, was einer geringeren Temperatur, als der Schmelztemperatur entspräche. Nach dem Erstarren erreichte die Ablesung bald das Ende der Scala.

6. In den Schliessungskreis des Kupfer-Zink-Elementes war nebst dem Galvanometer noch ein Widerstand von 5·2 *SE* eingeschaltet. Während des Schmelzens blieb die Ablesung constant 103·5, sie hatte hisher mit der Erwärmung zugenommen. Nach dem Schmelzen nahm die Ablesung allmälig ab, so dass das Maximum der Stromstärke dieses Elementes gerade bei der Schmelztemperatur des Zinkes zu liegen scheint. Während des Erstarrens war

die Ablesung 100 und sank allmälig auf 97, was auch einer tieferen Temperatur entspräche.

7. Das Eisen-Wismuth-Element. Vorläufige Versuche, die unmittelbar nach der Bestimmung der electromotorischen Kraft angestellt wurden, ergaben, dass während des Schmelzens die Stromstärke sich ändere, jedoch nicht sehr erheblich, und dass während des Erstarrens diese Änderungen noch geringer seien. Spätere Versuche führten zu einem ähnlichen Resultate. Um noch weitere Gewissheit hierüber zu erlangen, wurde das Element zum Theile neu zusammengestellt. Die Verbindungsstellen des Elementes mit dem übrigen Stromkreise waren durch Wasser auf die Zimmertemperatur von 19° C. erhalten und nebst dem Galvanometer noch 65·6 Siemens'sche Einheiten in den Schliessungskreis eingeschaltet. Während des Schmelzens stieg die Ablesung von 155 auf 160 und nahm mit der höheren Temperatur nur langsam zu, im Gegensatz zu früheren Beobachtungen, bei denen eine rasche Zunahme constatirt wurde. Während des Erstarrens blieb die Ablesung ziemlich constant auf 155, bei späteren Versuchen auf 153 und 150. Öfter zeigte sich schon während des Hervorbrechens des geschmolzenen Wismuthes durch die erstarrte Decke, eine raschere Abnahme der Ablesung; öfter trat dies erst darnach ein. Die Berührung des Eisendrahtes mit dem Wismuth scheint auf die erhaltenen Resultate von erheblichem Einflusse zu sein, und manche Unregelmässigkeit mag in deren Unvollkommenheit ihren Grund haben.

Kurz zusammengefasst sind die Ergebnisse der Versuche folgende:

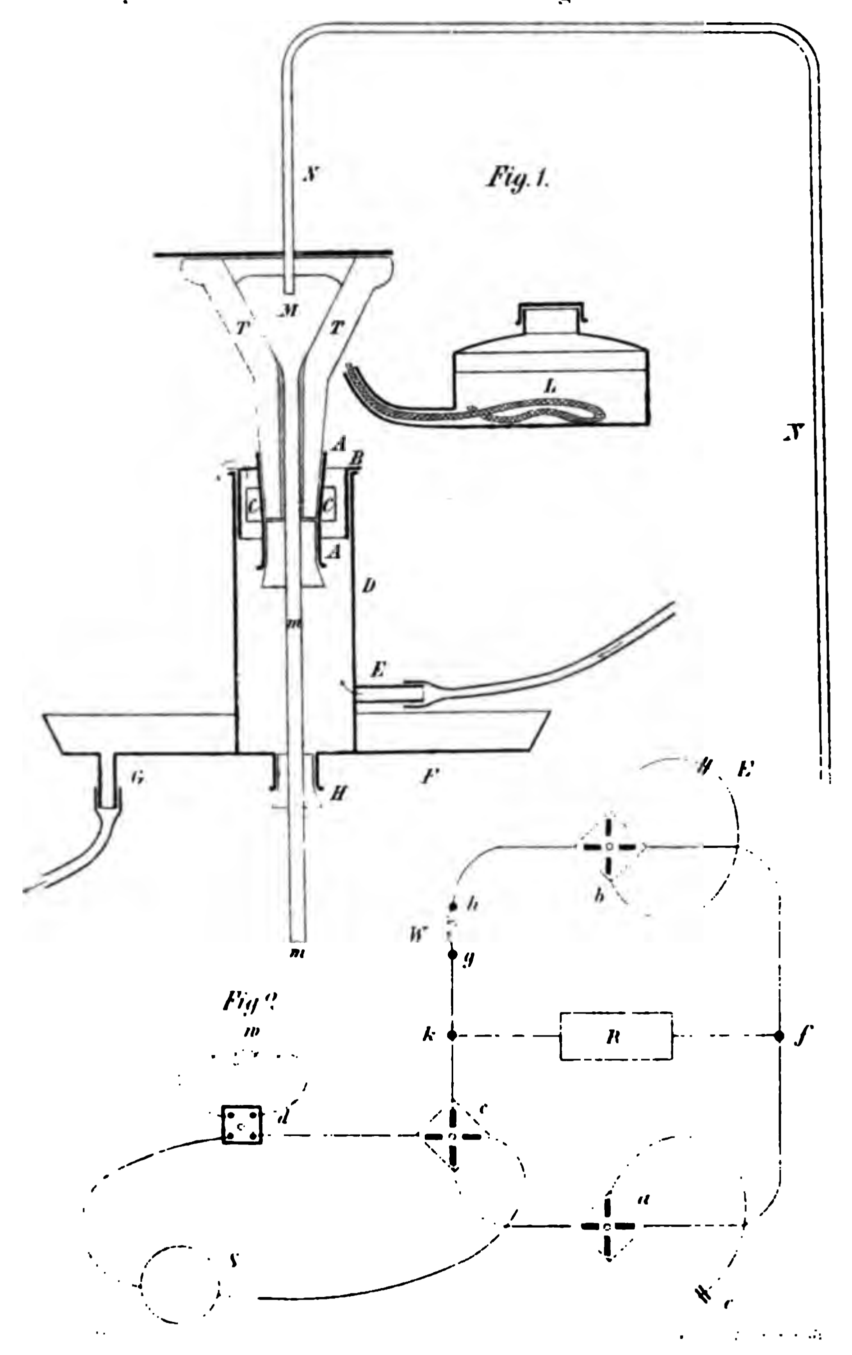
Während des Schmelzens und Erstarrens ändert sich in den Eisen-Zinn-, Eisen-Blei- und Eisen-$PbSn_3$-Elementen die electromotorische Kraft nicht, sie hat sowohl beim Schmelzen, als beim Erstarren denselben Werth.

Die electromotorische Kraft der Eisen-Zink- und Kupfer-Zink-Elemente bleibt während des Schmelzens und Erstarrens nahe constant. Das Erstarren des Zinks scheint bei einer niedrigeren Temperatur vor sich zu gehen, als das Schmelzen.

Beim Eisen-Wismuth-Elemente ist die electromotorische Kraft während des Schmelzens und Erstarrens nahe dieselbe. Sie nimmt allerdings während des Schmelzens etwas zu und während

des Erstarrens etwas ab, allein diese Änderungen sind bald bedeutender, bald geringer, bald gar nicht vorhanden, so dass sie durch Zufälligkeiten, als mangelhafte Berührung zwischen Wismuth und Eisen u. dgl. m. hervorgebracht scheinen. Vielleicht ist auch die Schmelztemperatur des Wismuths nicht constant.

Durch die Versuche ist nur constatirt, was während des Schmelzens vorgeht, sie lassen aber nicht entscheiden, was unmittelbar vor dem Schmelzen und nach dem Erstarren geschieht. Es wäre hiezu nöthig gewesen, die Temperatur im Elemente mit einer Thermokette zu beobachten. Der Mangel eines zweiten Spiegelgalvanometers oder sonstigen geeigneten Messapparates verhinderte mich jedoch, den Versuchen diese erwünschte Ausdehnung zu geben.


Fig. 1.
N
M
T
T
L
A
B
C
C
A
D
m
E
G
H
F
m
N
Fig. 2.
b
h
W
g
k
R
f
c
d
a
S

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

LXVI. Band.

ZWEITE ABTHEILUNG.

7.

Enthält die Abhandlungen aus dem Gebiete der Mathematik, Physik, Chemie, Mechanik, Meteorologie und Astronomie.

XVIII. SITZUNG VOM 4. JULI 1872.

Die Herren A. Winnecke in Carlsruhe und W. Tempel in Mailand danken mit Schreiben vom 25. und bezhgsw. 28. Juni l. J. für die ihnen zuerkannten und übersendeten Kometen-Preise.

Der Secretär legt folgende eingesendete Abhandlungen vor:

„Kritische Durchsicht der Ordnung der Flatterthiere oder Handflügler *(Chiroptera)*. Familie der Fledermäuse *(Vespertiliones)*." III. Abtheilung, vom Herrn Dr. L. J. Fitzinger in Pest.

„Über die Ursache des hohen Absonderungsdruckes in der *Glandula submaxillaris*", vom Herrn Prof. Dr. Ew. Hering in Prag.

„Zur Theorie der Bessel'schen Functionen zweiter Art", vom Herrn Prof. L. Gegenbauer in Krems.

„Über das Verhalten der Action des Herz-Ventrikels zur Pulswellenbildung in der Arterie", vom Herrn Dr. Eug. Kolisko.

Herr J. Schlesinger, Prof. an der k. k. Forst-Akademie zu Mariabrunn hinterlegt ein versiegeltes Schreiben mit der Aufschrift „Geodätisches" zur Wahrung seiner Priorität.

Herr Prof. Dr. H. Hlasiwetz legt folgende vier Mittheilungen aus dem chemischen Laboratorium der Universität Innsbruck" vor:

14. „Über einige Derivate der Dioxybenzoësäure", von den Herren L. Barth und C. Senhofer;
15. „Über Toluoldisulfosäure und einige Abkömmlinge derselben", vom Herrn C. Senhofer;
16. „Über die Einwirkung von schmelzendem Kali auf Benzoësäure", vom Herrn L. Barth;
17. „Über Sulfoparaoxybenzoësäure", vom Herrn R. Kölle.

Herr Prof. Hlasiwetz übergibt ferner eine für den Anzeiger bestimmte vorläufige Mittheilung über eine Anzahl von Verbindungen, welche aus der Einwirkung von Schwefelkohlenstoff und Ammoniak auf verschiedene Amide, Aldehyde und Alkohole hervorgehen.

Der Secretär v. Schrötter macht eine Mittheilung über den von Stokes ausgehenden Vorschlag, die Arbeiter in den Quecksilberwerken durch Schwefel vor der schädlichen Einwirkung der Quecksilberdämpfe zu schützen, und über seine hiedurch veranlassten eigenen Versuche.

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Annalen der Chemie & Pharmacie, von Wöhler, Liebig & Kopp. N. R. Band LXXXVII, Heft 1. Leipzig & Heidelberg, 1872; 8°.

Apotheker-Verein, allgem. österr.: Zeitschrift. 10. Jahrgang, Nr. 18—19. Wien, 1872; 8°.

Astronomische Nachrichten. Nr. 1894 (Bd. 79. 22.). Altona, 1872; 4°.

Beobachtungen, Meteorologische, angestellt in Dorpat im Jahre 1871. VI. Jahrgang, II. Bd, 1. Heft. Dorpat, 1872; 8°.

Carl, Ph.: Siehe Repertorium.

Comitato, R., Geologico d'Italia: Bollettino. Anno 1872, Nr. 3 & 4. Firenze, 1872; 8°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXIV, Nrs. 24—25. Paris, 1872; 4°.

Des Moulins, Charles, Fragments zoologiques. Nr. I—II. Bordeaux, 1872; 8°.

Fritsch, Anton, Cephalopoden der böhmischen Kreideformation. (Veröffentlicht mit Subvention des Comités für die Landesdurchforschung von Böhmen.) Prag, 1872; 4°.

Gelehrten-Gesellschaft, Serbische, zu Belgrad: Glasnik. Bd. XXXII & XXXIII. Belgrad, 1871 & 1872; 8°.

Gesellschaft, österr., für Meteorologie: Zeitschrift. VII. Band, Nr. 12. Wien, 1872; 4°.

— k. k. mähr.-schles., zur Beförderung des Ackerbaues, der Natur- & Landeskunde: Mittheilungen. 1871. LI. Jahrgang. Brünn; 4°. — Notizen-Blatt der histor.-statist. Section. 1871. Brünn; 4°.

Gesellschaft, Astronomische, in Leipzig: Vierteljahrsschrift. VII. Jahrgang, 2. Heft. Leipzig, 1872; 8⁰.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXIII. Jahrg. Nr. 25—26. Wien, 1872; 4⁰.

Istituto, Reale, Lombardo di Scienze e Lettere: Memorie. Classe di Lettere e Scienze morali e politiche: Vol. XII (III. della serie III.), Fasc. 2. Milano, 1871; 4⁰; Classe di Scienze matematiche e naturali. Vol. XII (III. della serie III.) Fasc. 2—4. Milano, 1871 & 1872; 4⁰. — Rendiconti. Serie II. Vol. III., fasc. 16—20. (1870); Vol. IV., fasc. 1—20. (1871); Vol. V., fasc. 1—7. (1872.) Milano; 8⁰. — Atti della fondazione scientifica Cagnola. Vol. V., fasc. 2—3. 1870—1871. Milano; 8⁰.

Jahrbuch über die Fortschritte der Mathematik, von C. Ohrtmann, F. Müller, A. Wangerin. II. Band. Jahrgang 1869 & 1870, Heft 1. Berlin, 1872; 8⁰.

Journal für praktische Chemie, von H. Kolbe. N. F. Band V, 9. Heft. Leipzig, 1872; 8⁰.

Landbote, Der steirische. 5. Jahrgang, Nr. 13. Graz, 1872; 4⁰.

Mittheilungen aus J. Perthes' geographischer Anstalt. 18. Band. 1872, Heft VI. Gotha; 4⁰.

Moniteur scientifique. 3ᵉ Série. Tome II. 366ᵉ Livraison. Paris, 1872; 4⁰.

Museum-Verein, Siebenbürgischer: Jahrbücher. VI. Band, 1. Heft. Kronstadt, 1872; 4⁰.

Nature. Nrs. 138—139. Vol. VI. London, 1872; 4⁰.

Repertorium für Experimental-Physik etc., von Ph. Carl. VIII. Band, 1. Heft. München, 1872; 8⁰.

„Revue politique et littéraire" et „La Revue scientifique de la France et de l'étranger". Iᵉ Année (2ᵉ Serie). Nrs. 52—53. Paris & Bruxelles, 1872; 4⁰.

Société Impériale de Médecine de Constantinople: Gazette médicale d'Orient. XVIᵉ Année, Nrs. 1—2. Constantinople, 1872; 4⁰.

Society, The Royal Geographical, of London: Proceedings. Vol. XVI, Nr. 2. London, 1872; 8⁰.

Verein für Landeskunde von Niederösterreich: Blätter. N. F. V. Jahrgang, Nr. 1—12. Wien, 1871; 8⁰. — Topographie von Niederösterreich. Heft 1—3. Wien, 1871; 4⁰.

— für Naturkunde zu Cassel: XVI., XVII. & XVIII. Bericht. 1866—1871. Cassel, 1871; 8⁰.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXII. Jahrgang, Nr. 24—25. Wien, 1872; 4⁰.

Zeitschrift für Chemie, von Beilstein, Fittig & Hübner. XIV. Jahrgang. N. F. VII. Band, 22. Heft. Leipzig, 1871; 8⁰.

Über einen Vorschlag von G. G. Stokes, die schädlichen Wirkungen der Quecksilberdämpfe ganz oder theilweise zu beseitigen, und über das Verhalten von Jod und Schwefel zu diesen Dämpfen.

Von dem w. M. Dr. **A. R. v. Schrötter.**

Im Jänner 1872 erhielt ich ein Schreiben von Herrn Prof. G. G. Stokes über den oben angegebenen Gegenstand, in der Absicht hiedurch zu veranlassen, dass die Aufmerksamkeit der Regierung auf das Verhalten des Schwefels zu den Quecksilberdämpfen gelenkt werde, um wo möglich die Arbeiter in den Quecksilberwerken von Idria durch passende Einrichtungen vor der schädlichen Einwirkung des Quecksilbers zu schützen, oder diese doch wenigstens zu vermindern.

Auf meine Anfrage ermächtigte mich Herr Prof. Stokes, seine Mittheilungen in einer mir passend erscheinenden Weise zu veröffentlichen, was hiemit geschieht, da ich sie für wichtig genug halte, der Akademie vorgelegt zu werden. Ich habe dieselben in freier Übersetzung unter Hinweglassung des Unwesentlichen zu einem Ganzen verschmolzen und ihnen die folgende Form gegeben.

Anhangsweise füge ich noch einige Versuche bei, die ich durch die Mittheilungen von Stokes anzustellen veranlasst wurde.

Stokes schreibt:

.... „„In einem Gespräche mit Dr. Andrews in Belfast erwähnte er seines Besuches der Quecksilberminen zu Idria und schilderte den traurigen Gesundheitszustand der dortigen

Arbeiter, welcher durch die Einwirkung des Quecksilbers bedingt wird [1].

Ich dachte hiebei sogleich an einige Versuche über den schädlichen Einfluss der Quecksilberdämpfe auf die Vegetation, über die ich einen Bericht in einer französischen Zeitschrift vor längerer Zeit gelesen hatte, und es schien mir, dass sich hierauf ein leicht ausführbares Verfahren zum Schutze der dortigen Arbeiter gründen liesse.

Professor W. H. Miller in Cambridge rieth mir, mich in dieser Angelegenheit an Sie zu wenden, da er meinte, Sie wären ganz in der Lage, an der geeigneten Stelle die Aufmerksamkeit auf meinen Vorschlag zu lenken.

Priestley war es, der die schädliche Wirkung des Quecksilbers auf die Vegetation entdeckte. An den Namen des französischen Autors [2] (oder der Autoren, wenn es mehrere waren), auf die ich mich oben bezog, kann ich mich nicht mehr erinnern, aber ich weiss, dass ihre Versuche nur eine Wiederholung derer eines holländischen Gelehrten waren, die, wie ich glaube, am Ende des vorigen Jahrhunderts angestellt wurden. Ich erinnere mich jedoch genau auf die Natur dieser Versuche und das ist wohl die Hauptsache.

Diese Versuche wurden meistens mit Petunien angestellt. Die Pflanze wurde mit einer Glasglocke bedeckt, unter welcher sich auch etwas Quecksilber in einer offenen Schale befand. Schon nach dem kurzen Zeitraume von 24 Stunden erschienen schwarze Flecken an den Blättern und die Pflanzen fingen an zu welken. Nach längerer Zeit wurden die Blätter ganz schwarz und die Pflanze starb ab. Wurde jedoch zugleich Schwefel, und zwar wie ich glaube, in der Form von Schwefelblumen unter die

---

[1] Nach amtlichen Daten wurden im Jahre 1871 nahe an 46 Pct. der dortigen Arbeiter von Krankheiten befallen, deren Ursprung mit grosser Wahrscheinlichkeit auf die Einwirkung des Quecksilbers zurückgeführt werden konnte; bei nahe an 40 Pct. war dies entschieden der Fall. Die Anzahl der Arbeiter beträgt, mit Ausnahme der in den Forsten beschäftigten, 722. Schrötter.

[2] Es dürfte dies die Arbeit von Boussingault sein, deren Quelle jedoch nicht aufgefunden werden konnte.

Glocke gebracht, so war die zerstörende Wirkung des Quecksilbers gänzlich aufgehoben.

Die Erklärung, welche die französischen Autoren von der schützenden Wirkung des Schwefels gegeben haben, ist unzweifelhaft die richtige, nämlich, dass der Schwefel, selbst bei der gewöhnlichen Temperatur, in geringem Grade flüchtig sei, und dass sich die Dämpfe desselben mit denen des Quecksilbers direct zu Quecksilbersulfid verbinden, welches für die Vegetation unschädlich ist.

Ich weiss zwar nicht, auf welchem Wege das Quecksilber in Idria an die Arbeiter gelangt, ob durch die Berührung mit den Händen oder durch die Einwirkung der Dämpfe, glaube aber, dass dieses das wahrscheinlichere ist.

Wenigstens war letzteres bei der so verhängnissvollen Vergiftung der Mannschaft des englischen Kriegsschiffes *Triumph*, über welche Dr. Burnett berichtet[1], entschieden der Fall. Ob

[1] Philosophical Transactions of the R. Soc. for 1823, p. 402. Ein Auszug aus Nicholson's Journ. of phil. findet sich in Gilbert's Annalen B. 40, S. 347. 1812. — Wegen der Merkwürdigkeit dieses Falles glaube ich. einen kurzen Auszug aus Dr. Burnett's Bericht hier folgen lassen zu dürfen, zumal derselbe für den vorliegenden Zweck lehrreich und wenig bekannt ist.

Im März 1810 scheiterten zwei nach Südamerika bestimmte spanische Schiffe, die ungefähr 130 Tonnen Quecksilber an Bord hatten, welche auf die in Idria übliche Weise in ledernen Säcken und Holzfässchen verpackt waren, an der Küste von Cadix. Der *Triumph* nahm später 1200 solche von Seewasser durchnässte Säcke auf und verwahrte dieselben in dem für den Zwieback bestimmten Raum. Schon nach 14 Tagen waren die Säcke vermodert und das Quecksilber fing an auszufliessen. Man sammelte davon so viel man konnte, aber ein Theil verbreitete sich in dem unzugänglichen Raume des Schiffes, wo es auch mit Wasser in Berührung kam. Die Wirkung dieses Unfalles war eine furchtbare. Alle auf dem Schiffe befindlichen Metalle überzogen sich mit einer Quecksilberschichte und die Mannschaft, etwa 200 Mann, wurde innerhalb dreier Wochen nach der Aufnahme des Quecksilbers von einem heftigen Speichelflusse befallen. Sämmtliche auf dem Schiffe befindlichen Thiere gingen zu Grunde. Das Schiff wurde nun nach Gibraltar gesendet und dort von Grund aus gereinigt; alles was entfernt werden konnte, wie die Lebensmittel etc., wurde beseitigt und durch neue ersetzt. Dessenungeachtet erneuerten sich auf der Rückkehr nach Cadix die Erkrankungen in sehr bedauerlicher Weise bis Anfangs Juni, wo das

aber der Quecksilberdampf blos durch die Lungen oder blos durch die Oberhaut des Körpers, oder durch beide absorbirt wird, ist mehr als ich sagen kann.

Wenn das Quecksilber hauptsächlich durch die Haut aufgenommen wird, so sollte ich meinen, dass es leicht wäre der Wirkung desselben vorzubeugen, indem man die Arbeiter veranlasst, Kleider zu tragen, die mit Schwefel imprägnirt sind. Es würde genügen diese mit Schwefelblumen einzureiben, zumal bei Kleidern aus Wollstoffen, oder sie in die Lösung einer höheren Schwefelverbindung eines Alkalimetalles und dann in eine gehörig verdünnte Säure zu tauchen, um den Schwefel in den Stoffen niederzuschlagen und dann mit Wasser alles Lösliche zu entfernen.

Dringt der Quecksilberdampf vorzüglich durch die Lungen ein, so würde es nothwendig sein, Mund und Nase mit einem lockeren schwefelhaltigen Tuche zu bedecken, was jedoch, wie ich fürchte, so viel Unbequemlichkeit verursachen dürfte, dass sich die Arbeiter kaum derselben unterziehen würden, zumal jene nicht die bei Feuer arbeiten. Es käme eben darauf an, ob die Leiden durch das Quecksilber so gross sind, dass sie sich geneigt finden, das kleinere Übel dem grösseren vorzuziehen.

In den Minen selbst wäre schon eine erspriessliche Wirkung zu erzielen, wenn Schwefel an Orten ausgestreut würde, wo derselbe trocken bleibt.

Die angeführten Versuche mit den Pflanzen geben so viel Hoffnung auf Erfolg, dass es der Mühe werth scheint, die von mir vorgeschlagene Methode zum Schutze der Arbeiter praktisch zu prüfen. Es dürfte indess viel Zeit verfliessen ehe man es als sichergestellt betrachten kann, ob die angegebene Methode wirklich schützt oder nicht, indem ich vermuthe, dass die Absorption des Quecksilbers durch den Körper der Arbeiter ein sehr langsam fortschreitender Process ist.

Schiff nach England zurückkehrte. Obwohl auf der Fahrt beständig alle Theile des Schiffes gelüftet, und die Mannschaft so viel als möglich auf Deck gehalten wurde, waren doch einige vierzig Mann vom Speichelfluss befallen worden. Erst nach der Ankunft in England Anfangs Juli, also etwa fünf Monate nach der Aufnahme des Quecksilbers, trat kein Krankheitsfall mehr ein. Schrötter.

Aber auch, wenn die Quecksilberdämpfe durch die Lungen absorbirt werden, wird das Tragen von mit Schwefel imprägnirten Kleidern von einigem Nutzen sein, selbst wenn der Mund frei bleibt. Denn wenn die Dämpfe, welche der Schwefel bei der gewöhnlichen Temperatur abgibt, schon genügen die Pflanzen zu schützen, so dürfte sich unter Mitwirkung der Körperwärme eines Arbeiters genug Schwefel an seinen Kleidern verflüchtigen, um ihn mit einer schützenden Atmosphäre zu umgeben.

Dr. Burnett erwähnt in seinem angeführten Berichte, dass der Schwefel von den Ärzten des *Triumph* sowohl innerlich als äusserlich angewendet wurde. Innerlich genommen vermehrte er nur die Diarrhoe, äusserlich wäre er einfach ohne Nutzen. Hieraus folgt aber keinesfalls, dass es unnütz sei meinen Vorschlag zu prüfen. Denn offenbar war Dr. Burnett der Ansicht, dass Schwefel in dem erwähnten Falle als ein einfaches Antidot gegen das bereits absorbirte Quecksilber wirke, während nach meiner Idee der Schwefel dazu dienen soll, die Absorption des noch nicht aufgenommenen Quecksilbers zu verhindern.

Bei der gänzlichen Verschiedenheit dieser beiden Ansichten muss daher auch die Art, sie zu erproben, eine ganz verschiedene sein.

Wahrscheinlich wurde in dem Falle Burnett's der Schwefel mit Speck gemischt, um ihn als Pflaster anwenden zu können. Unter diesen Umständen hat der Speck die Verdunstung des Schwefels gehindert, und selbst wenn er in trockenem Zustande angewendet worden wäre, würden wahrscheinlich nur jene Theile der Haut damit eingerieben worden sein, welche am meisten afficirt wurden, und man hätte nicht darauf Rücksicht genommen, dass die erwartete günstige Wirkung des Schwefels (wenn es eine solche gibt) davon abhängt, dass derselbe in einer grossen Ausdehnung der Luft ausgesetzt wird, ganz gleichgiltig ob er mit der Haut in unmittelbare Berührung kommt oder nicht.""

Diese interessanten Mittheilungen haben mich veranlasst zu untersuchen, wie Schwefel sich im Vacuum des Barometers, also in einem mit Quecksilberdämpfen gesättigten Raume verhält. Zu diesem Behufe wurden einige Stücke davon in das Vacuum einer Barometerröhre von etwa 1·8 Cm. Weite gebracht. Schon nach einigen Stunden konnte man die Bildung von schwarzem (amor-

phen) Quecksilbersulfid (Quecksilbermohr) wahrnehmen, das sich am Rande des Quecksilbers und etwas darüber ringförmig angesetzt hatte.

Nach einigen Tagen war aber nicht nur der schwarze Überzug vermehrt, sondern es hatte sich auch ein rother Körper an die Glasröhre angelegt, so dass nach etwa vier Wochen die Röhre bis zu einer Höhe von ungefähr 35 Mm. mit einem rothen und stellenweise beigemengten schwarzen Körper überzogen war.

Dieser Versuch wurde im diffusen Tageslichte angestellt, bei einer Temperatur, die nicht über 26° C. betrug.

Im directen Sonnenlichte erfolgt ganz dasselbe, nur rascher und unter reichlicherer Bildung des rothen Körpers, der nichts anderes als Zinnober ist.

Schon dieses Verhalten liess vermuthen, dass zur Bildung des letzteren die Mitwirkung des Lichtes nothwendig sei, was auch durch einen directen Versuch bestätiget wurde.

In einem mit Luft gefüllten Raume treten ganz dieselben Erscheinungen auf, wie im barometrischen Vacuum, denn in einer 2 Decm. langen, 1 Ctm. weiten, zugeschmolzenen Glasröhre, in der sich etwas Quecksilber und einige Stücke Schwefel befanden, und die in einer geneigten Lage der Einwirkung des Lichtes ausgesetzt war, bildete sich schon nach wenigen Tagen neben dem schwarzen auch das rothe Sulfid.

Bringt man eine solche Röhre, die jedoch der Einwirkung des Lichtes nicht ausgesetzt wurde, um die Bildung von Zinnober zu verhindern, nachdem sie sich mit Mohr überzogen hatte, an das Licht, so bildet sich sehr bald auch Zinnober.

Dies geschieht aber nicht durch Umwandlung des schon früher gebildeten schwarzen Sulfides in rothes, sondern dieses entsteht erst neu aus den Schwefel- und Quecksilberdämpfen, die während der Einwirkung des Lichtes mit einander in Berührung kommen. Dass dies so ist, geht aus dem Umstande hervor, dass fertig gebildetes, ganz reines schwarzes Sulfid, für sich allein der Einwirkung der Sonnenstrahlen ausgesetzt, weder sublimirt, noch in rothes Sulfid übergeht.

Es wird also nur dann Zinnober gebildet, wenn die Dämpfe des Schwefels und die des Quecksilbers unter Mitwirkung des Lichtes mit einander in Berührung kommen, nicht aber wenn

fertiger Mohr der Einwirkung des Lichtes ausgesetzt wird. Schwarzes, d. h. amorphes Quecksilberoxyd verdunstet überhaupt als solches nicht; denn bei stärkerem Erwärmen geht es wie bekannt in Zinnober über, worauf ja eine Bereitungsart des letzteren beruht. Es gibt also keine Dämpfe von schwarzem Quecksilbersulfid, so wenig als es Dämpfe vom amorphen Phosphor oder Schwefel gibt, und man geht wol kaum zu weit, wenn man schliesst, dass überhaupt amorphe Körper als solche nicht verdunsten. Es würde hieraus folgen, dass die Molecüle der Gase durchgehends krystallisirt sind.

Die Annahme, dass amorphe Körper nicht verdampfen, steht aber mit dem von Zöllner ausgesprochenen Satze[1], dem ich beistimme, dass die Verdampfung eine vom Aggregationszustande unabhängige allgemeine Eigenschaft der Materie sei, nicht im Widerspruche. Die Fähigkeit der Materie zu verdampfen, würde vielmehr nur von ihrem Molecularzustande abhängen, darum aber nicht aufhören eine allgemeine Eigenschaft derselben zu sein, da ja dieser nicht unveränderlich ist. Es ist hier nicht der Ort, auf dieses Verhalten der Materie weiter einzugehen, zumal dasselbe zum Gegenstande einer gründlichen Specialuntersuchung gemacht zu werden verdient.

Um bei den obigen Versuchen die Bildung des Quecksilbermohrs zu verhindern, ist es nothwendig die Einrichtung so zu treffen, dass der Schwefel mit dem Quecksilber nicht in directe Berührung kommt. Dies wird erreicht, wenn man den Schwefel über dem Quecksilber aufhängt. Zu diesem Behufe wird ein an einem Ende spiralförmig gewundener Platindraht wiederholt in geschmolzenen Schwefel getaucht, bis eine entsprechende Menge davon die Spirale in Form eines grossen Tropfens umgibt.

Dieser Platindraht wird nun in eine Glasröhre von genügender Weite, während sich dieselbe in verticaler Stellung befindet, so eingeschmolzen, dass der Schwefel ungefähr 2 Ctm. hoch über dem darin befindlichen Quecksilber schwebt. Nach kurzer Zeit färbt sich der Schwefel lichtgrau bis er endlich fast

[1] Über die Natur der Cometen etc. von F. Zöllner; Leipzig 1872.

ganz schwarz wird, während die Glasröhre ringförmig an der Stelle, an welcher der Schwefel hängt, sich mit Zinnober überzieht, dem kein Mohr beigemengt ist. Das Quecksilber bleibt bei diesem Versuche ganz rein, woraus folgt, dass die Dämpfe des verdunstenden Schwefels von denen des Quecksilbers sogleich in Beschlag genommen werden, so dass vom Schwefel nichts bis zum Quecksilber dringt.

Dieses Verhalten ist nicht in Übereinstimmung mit den älteren Beobachtungen, welche Stokes anführt, und auch wenn der Versuch so angestellt wird, dass man Quecksilber neben Schwefel unter eine Glocke bringt, wird letzterer schwarz, ohne dass ersteres eine Veränderung erleidet. Die Glocke ist also jedenfalls mit Quecksilberdämpfen gefüllt, welche nach und nach vom Schwefel absorbirt werden.

Soweit war ich mit meinen Versuchen, zu denen ich durch die gütigen Mittheilungen von Stokes veranlasst wurde, gekommen, als die so ausgezeichnete Arbeit von Merget *„Sur la diffusion des vapeurs mercurielles"* [1] in meine Hände gelangte. Nach Durchlesung derselben war mein erster Gedanke, die Veröffentlichung der obigen Mittheilungen zu unterlassen, was mir auch Stokes gleich anfangs anheimstellte. Da aber der Gegenstand so wichtig ist, dass selbst ein geringer Beitrag zur näheren Aufklärung desselben nicht überflüssig erscheint, so entschloss ich mich, die Versuche, zu denen die Idee bereits gefasst war, fortzusetzen und die Resultate zu veröffentlichen, zumal es sich nicht um ein Eingreifen in die von Merget mit so viel Scharfsinn angestellten Untersuchungen handelt.

Es schien mir von Interesse zu sehen, wie sich Jod gegen Quecksilber und Schwefel verhält, wenn diese drei Körper in abgesonderten Schalen unter die Glocke gebracht werden. Bei dem Versuche überzog sich das Quecksilber schon in sehr kurzer Zeit mit einem dunkelvioletten Körper, der nach und nach wenigstens an der Oberfläche vollständig in das rothe Queck-

---

[1] Comptes rendus etc. Nr. 24, 11. Dec. 1871, und Ann. de Chimie et de Physique IV. Ser. T. XXV, Janvier 1872, 121. A. 1.

Es bedarf wohl kaum der Erwähnung, dass auch Stokes die Arbeit von Merget noch nicht kannte, als er die obigen Mittheilungen an mich richtete.

silberjodid überging. Der Schwefel blieb hierbei ganz unverändert und hatte auch nach Wochen kein Quecksilber aufgenommen [1]. Auch vom Jod waren nach mehreren Tagen nur Spuren darin nachweisbar.

Dieser Vorgang zeigt, dass die Dämpfe des so schnell verdunstenden Jodes, welche bald den ganzen Raum der Glocke füllen, sich sogleich mit denen des Quecksilbers verbinden und sich als ein Jodür auf dasselbe ablagern, so dass es gar keine Quecksilberdämpfe in der Glocke gibt und auch an keinem anderen Orte als auf der Oberfläche des Quecksilbers die Jodverbindung sich findet.

Es blieb nun noch übrig zu untersuchen, welcher Vorgang eintritt, wenn die Verdunstung des Jodes verzögert wird. Ich glaubte dies am besten erreichen zu können, wenn ich eine Substanz in Anwendung bringe, die das Jod einigermassen festhält. Eine mit Jod gesättigte Lösung von Jodkalium in Wasser schien hierzu am geeignetsten, da man durch Änderung in den Mengen der Bestandtheile die Verdunstung des Jodes in etwas beeinflussen kann. Die angewandte Lösung enthielt auf 100 KC. Wasser 2·13 Jodkalium und war mit Jod gesättigt.

Auch in diesem Falle blieb der Schwefel unverändert, während das Quecksilber sich schon nach einer Viertelstunde, wie oben angegeben, zu verändern begann; nach zwei Stunden war die Oberfläche des Quecksilbers bereits ganz mit einem violettröthlichen Pulver bedeckt, das dann in rothes Jodid übergeht. Es befinden sich also auch, wenn das Jod langsam verdunstet, keine Quecksilberdämpfe in der Luft unter der Glocke. Die geringere Empfindlichkeit des Schwefels gegen die Quecksilberdämpfe wird bei diesem Versuche durch die längere Zeit der Einwirkung des Quecksilbers ersetzt.

Wie vorauszusehen, befinden sich auch bei diesem Versuche Joddämpfe in der Luft der Glocke, jedoch in weit geringerer

---

[1] Zu meinem grossen Bedauern hat sich in Nr. XVIII des akademischen „Anzeigers“ pag. 122, Z. 19 v. u., durch ein Versehen die unrichtige Angabe eingeschlichen, dass der Schwefel sich bei diesem Versuche dunkel färbe, also gerade das Gegentheil des wirklichen Vorganges, was ich zu berücksichtigen bitte.

Menge als bei dem vorigen Versuche, wie das Verhalten einer Stärkelösung, die man unter dieselbe bringt, zeigt.

Aus diesem Versuche folgt, dass, wenn man in einem Raume, in welchem sich Quecksilber in offenen Gefässen befindet, eine mit Jod gesättigte Jodkaliumlösung in flachen Schalen aufstellt, die Quecksilberdämpfe entfernt werden und zwar so, dass sich das Jodid auf dem Quecksilber absetzt. Die anfangs dunkelbraune Jodkaliumlösung wird hiebei nach und nach fast ganz wasserhell. Würden nun durch ein geeignetes Mittel, woran es kaum fehlen dürfte, auch die Joddämpfe entfernt, so wäre es immerhin möglich, den Arbeitern, die der Einwirkung von Quecksilberdämpfen ausgesetzt sind, auf diesem Wege wenigstens eine Erleichterung zu gewähren.

Da sich dieser Gegenstand gegenwärtig in den besten Händen befindet, so bin ich nicht Willens, mich mit demselben weiter zu beschäftigen, zumal ich ja ohnedies nur durch eine mir allerdings sehr werthe Veranlassung auf denselben aufmerksam gemacht wurde.

Mittheilungen aus dem chemischen Laboratorium der Universität Innsbruck.

14. Über einige Derivate der Dioxybenzoësäure.

Von **L. Barth** und **C. Senhofer.**

In unserer letzten Abhandlung (Annal. Bd. 159, S. 217) haben wir erwähnt, dass durch trockene Destillation aus der Dioxybenzoësäure ein gelber krystallinischer Körper erhalten werde, über dessen Formel wir damals nichts aussagen konnten, weil die kleine zu Gebote stehende Quantität eine eingehendere Untersuchung nicht gestattete.

In derselben Mittheilung erwähnten wir auch, dass die Dioxybenzoësäure eine characteristische Reaction beim Erhitzen mit concentrirter Schwefelsäure zeige, worin sie mit rother Farbe in Lösung gehe, aus welcher dann Wasser einen schön grünen Körper fälle.

Schon damals sprachen wir die Vermuthung aus, beide Substanzen möchten identisch sein. Diese Vermuthung hat sich bei näherer Untersuchung bestätigt und es wurde auf diese Weise möglich, einigermassen hinreichende Quantitäten des Körpers zu sammeln.

Zu seiner Darstellung verfuhren wir folgendermassen:

Circa 20 Grm. Dioxybenzoësäure wurden mit der 4fachen Quantität englischer Schwefelsäure übergossen und eine Stunde lang auf 120—140° erhitzt.

Die Masse färbte sich dabei dunkel-blutroth und wurde nach dem Erkalten breiartig. Nach dem Hinzubringen von Wasser scheidet sich ein dunkelgrünes Pulver ab, das sich, so lange die [Flü]ssigkeit sauer ist, leicht durch Decantiren auswaschen lässt.

Später, wenn das Waschwasser kaum mehr sauer reagirt, setzt sich der Niederschlag sehr schwierig zu Boden und um diesen Zweck zu erreichen, ist es vortheilhaft, etwas Salzsäure zuzufügen. Wenn die Masse so ausgewaschen ist, dass sie keine Schwefelsäure-Reaction mehr zeigt, bringt man sie auf ein Filter und trocknet sie an der Luft. Die getrocknete grüne Masse wird nun in Alkohol gelöst, wozu grosse Mengen des Lösungsmittels erforderlich sind, und aus dieser Lösung durch Wasser in gelbgrünen Flocken gefällt. Diese werden auf einem Filter gesammelt, nochmals in Alkohol gelöst und mit Thierkohle gekocht.

Hiebei bleibt sehr wenig einer amorphen schwarzen Substanz, von deren Analyse man wegen zu geringer Menge absehen musste, bei der Kohle.

Aus der gelben Lösung wird der Körper nunmehr durch Wasser rein, gelb, in flockig-krystallinischem Zustande ausgeschieden.

Die Ausbeute an roher Substanz betrug circa 90%, die an gereinigter circa 50% der verwendeten Säure. Nach dem Trocknen bei 150—160° analysirt, gab sie folgende Zahlen[1]:

	I.	II.	III.	IV.	V.
C —	61·90	61·81	61·99	62·11	62·00
H —	3·40	3·30	3·31	3·00	2·91.

Die lufttrockene Substanz verlor getrocknet:

H_2O — 11·82 11·51 11·90% Wasser.

Der so erhaltene Körper erwies sich in allen Eigenschaften vollkommen identisch mit dem durch trockene Destillation aus Dioxybenzoësäure erzeugten.

Beide schmelzen noch nicht bei 320°, geben dieselben Zahlen bei der Analyse (III ist mit einer durch Destillation erhaltenen Substanz ausgeführt), lösen sich schwierig in Alkohol, noch schwieriger in Äther und Benzol oder Toluol, fast gar nicht in Wasser, nicht in Schwefelkohlenstoff, verdünnter Salzsäure oder Schwefelsäure, am leichtesten noch in Eisessig, aus welcher

[1] Der Körper ist äusserst schwierig zu verbrennen, die Analysen mussten daher mit besonderer Sorgfalt ausgeführt werden.

Lösung sie durch Wasser mit einem Stich ins Grüne gefällt werden.

Die für die trockene Substanz erhaltenen Zahlen stimmen nun am besten mit der Formel $C_7H_4O_3$, und schienen auf ein Anhydrid zu deuten, das durch Verlust von 1 Mol. Wasser aus Dioxybenzoësäure entstanden war:

$$C_7H_6O_4 = H_2O + C_7H_4O_3.$$

War dies der Fall, so musste beim Erhitzen mit Wasser oder Alkalien, bei gewöhnlichem oder verstärktem Drucke wieder Dioxybenzoësäure regenerirt werden.

Dies geschah nun unter keiner Bedingung. Mit Wasser gekocht, oder in Röhren eingeschmolzen und bis 300° erhitzt, fand keine Einwirkung statt. Mit concentrirter Kalilauge unter denselben Verhältnissen zusammengebracht, erfolgte ebenfalls keine Rückbildung von Dioxybenzoësäure, sondern höchstens Braunwerden der Lösung mit beginnender tiefer greifender Zersetzung.

Daraus glaubten wir mit Wahrscheinlichkeit auf eine Vergrösserung des Moleculs schliessen zu dürfen und mit Rücksicht auf die bemerkenswerthe Arbeit von Jaffé [1] schien es nicht unwahrscheinlich, dass hier ein ähnlicher Vorgang wie bei der Bildung von Rufigallussäure aus Gallussäure beim Erhitzen derselben mit Schwefelsäure stattgefunden habe.

Die Frage, ob unser Körper noch ein Benzol- oder vielleicht ein Anthracenderivat sei, wurde am einfachsten durch Destillation desselben über erhitzten Zinkstaub einer Entscheidung zugeführt.

Mischt man den gelben Körper mit Zinkstaub und erhitzt das Gemische, während man noch reinen Zinkstaub vorlegt, in einer Verbrennungsröhre im Kohlensäurestrome zum schwachen Rothglühen, so bemerkt man bald die Bildung eines krystallinischen Sublimats, das sich zwar, weil ein Theil der Substanz verkohlt, in nicht allzugrosser Menge bildet, aber nach dem Reinigen

---

[1] Liebermann und Chojnacki haben durch eine ähnliche, wenn auch nicht so einfache Reaction aus Opiansäure Rufiopin, ein Derivat des Anthracens, nebenbei bemerkt isomer mit unserem Körper, dargestellt. Wir erhielten von dieser schönen Arbeit erst Kenntniss, als wir unsere Untersuchung beinahe beendigt hatten.

und Umkrystallisiren aus Benzol alle Eigenschaften des Anthracens zeigt.

Die Substanz krystallisirte in glänzenden Blättchen, ihre Lösung in Benzol lässt die bekannte blauviolette Fluorescenz deutlich hervortreten. Der Schmelzpunkt des gereinigten Kohlenwasserstoffes lag bei 210—211°.

Mit Picrinsäurelösung zusammengebracht, erhielt man die characteristische, in rothen Nadeln anschiessende Picrinsäureverbindung.

Durch Kochen mit Chromsäure und nachheriges Ausfällen mit Wasser wurde er in eine in langen weissen Nadeln krystallisirende Verbindung übergeführt, die bei 277—278° schmolz (Anthrachinon).

Die letztere mit Schwefelsäure erwärmt und die enstandene Sulfosäure mit Kali verschmolzen, zeigte bald die characteristische Blaufärbung der Alizarinschmelze und aus der mit Säure abgesättigten Lösung derselben liess sich Alizarin mit allen characteristischen Eigenschaften abscheiden. Eine Elementaranalyse hielten wir bei den so scharf zutreffenden Reactionen für überflüssig.

Es ist somit kein Zweifel, dass unser Körper ein Anthracenderivat ist, und dass seine Bildung ganz analog der Bildung von Rufigallussäure verläuft, indem zwei Molecüle Dioxybenzoësäure unter Verlust von zwei Molecülen Wasser zu einem Tetraoxyanthrachinon zusammentreten.

Der chinonartige Character unserer Substanz scheint uns durch die Art der Bildung, ihre Schwerlöslichkeit, die intensive Farbe derselben, den chinonartigen Geruch beim Erhitzen genügend festgestellt.

Eine Überführung in das entsprechende Hydrochinon gelang jedoch nicht. Mit Natriumamalgam tagelang zusammengestellt, entfärbte sich die Lösung der Substanz nicht und Säuren fällten sie aus derselben unverändert, wenn auch mit etwas dunklerer Farbe, die jedoch nach dem Umkrystallisiren aus Alkohol wieder in ein reines Gelb überging.

Wir nennen den Körper, um an seine Beziehung zum Anthracen, seine goldgelbe Farbe und seine chinonartige Constitution zu erinnern, Anthrachryson.

Seine Bildung erfolgt also nach der Gleichung:

$$2(C_7H_6O_4) = 2H_2O + C_{14}H_8O_6.$$

Die analytischen Daten stimmen mit dieser Annahme befriedigend überein.

	$C_{14}H_8O_6$	Mittel der Versuche
C	— 61·76	61·69
H	— 2·94	3·18.

Lufttrocken enthält er 2 Moleküle Krystallwasser.

	$C_{14}H_8O_6+2H_2O$	Gefunden im Mittel der Versuche [1]
H_2O	— 11·69	11·74.

Der Körper vereinigt sich mit Basen zu salzartigen Verbindungen, von denen zur Controle das Barytsalz analysirt wurde.

Erhitzt man denselben mit frisch gefälltem kohlensauren Baryt und viel Wasser, filtrirt und lässt stehen, so scheidet sich die Verbindung in dunkelrothen krystallinischen Flocken aus, die bei 160° getrocknet folgende Zusammensetzung zeigten:

	Gefunden	$C_{14}H_7baO_6$ [2]
C	— 49·23	49·48
H	— 2·42	2·06
Ba	— 20·40	20·18.

Die lufttrockene Substanz verlor bei 160° getrocknet 22·79% Wasser, für $C_{14}H_7baO_6+5^1/_2H_2O$ berechnen sich 22·58%.

Erhitzt man Anthrachryson mit Barytwasser, mit der Vorsicht, keinen Überschuss von Baryt anzuwenden, so erhält man nach dem Filtriren und Einengen halbzollange, dunkelroth gefärbte Nadeln, in Wasser schwer löslich, die nach dem Trocknen

---

[1] Diese Zahlen beziehen sich auf Präparate, die mehrere Wochen an trockener Luft gelegen hatten. Bei anderen Wasserbestimmungen lufttrockener Substanz, zwischen deren Darstellung und Analyse nur wenige Tage vergangen waren, wurden etwas höhere Zahlen gefunden: H_2O=13·7—13·6—13·4. Die Formel $C_{14}H_8O_6+2^1/_2H_2O$ verlangt 14·19 Pct.

[2] ba = 68·5.

bei 160° sich ebenfalls nach obiger Formel zusammengesetzt zeigten.

Ba gefunden: 22·34%.

Die wässerige Lösung dieser Verbindung wird schon durch freie Kohlensäure zersetzt.

Ein baryumreicheres Salz erhielt man durch Versetzen des Ammonsalzes mit Chlorbaryum. Nach und nach scheiden sich dunkelrothe Nadeln ab, der vorigen Verbindung sehr ähnlich. Die Analyse der bei 160° getrockneten Substanz ergab:

	Gefunden	Berechnet für $C_{14}H_6BaO_6$
Ba	34·53	33·66.

Kalksalz. Aus ammoniakalischer Lösung des Anthrachrysons erhält man durch Chlorcalcium einen hellrothen Niederschlag in Wasser schwer löslich, unter dem Mikroskope als kurze Nadeln sich zeigend.

Magnesiumsalz, wie das vorige bereitet, ist ein amorpher rother Niederschlag, fast unlöslich in Wasser.

Thonerdesalz, auf gleiche Weise dargestellt, ist der vorigen Verbindung sehr ähnlich.

Kupfersalz, braune, amorphe, in Wasser unlösliche Masse.

Silbersalz wie das Kupfersalz.

Durch schmelzendes Kali wird das Anthrachryson leicht angegriffen. Die anfangs rothe Farbe verwandelt sich in ein schmutziges Braun. Nach dem Ansäuern und Filtriren nimmt Äther aus dem Filtrate eine braune humusartige Substanz auf, in der sich einzelne Krystallansätze zeigen, die aber in zu geringer Menge vorhanden waren, um damit eine eingehendere Untersuchung ausführen zu können.

Am Filter blieb ebenfalls eine humusartige, in Wasser unlösliche Substanz.

Färbeversuche mit Anthrachryson ergaben auf mit Eisensalzen gebeizten Zeugen eine bräunliche Nüance. Bei Anwendung von Alaun als Beize wurde dagegen eine hübsche rothe Farbe erzielt, den Krappfarben ähnlich, aber matter.

Monobromdioxybenzoësäure. In unserer früher citirten Arbeit haben wir eine Tribromdioxybenzoësäure beschrieben, erhalten

durch directes Zusammenreiben der freien Dioxysäure mit überschüssigem Brom, und dabei erwähnt, dass sich als Nebenproduct eine bromärmere Säure bildet, die wir nicht isoliren konnten.

Wir haben nun gefunden, dass sich sehr leicht und rein eine Monobromdioxybenzoësäure darstellen lässt nach der Gleichung:

$$C_7H_6O_4+2Br = C_7H_5BrO_4+HBr.$$

Man löst Dioxybenzoësäure in nicht zu wenig kaltem Wasser und fügt die durch obige Gleichung gegebene Brommenge, ebenfalls in kaltem Wasser vollkommen gelöst, langsam hinzu. Die Farbe des Brom verschwindet augenblicklich, die Flüssigkeit erwärmt sich hiebei nicht, und wenn alles Bromwasser zugesetzt ist, so hat man eine farblose Lösung, die man sofort auf dem Wasserbade zur Trockne bringt, um den gebildeten Bromwasserstoff zu verjagen. Die rückständige, wenig gefärbte Masse nimmt man in warmem Wasser auf und lässt sie krystallisiren. Nach dem Auskühlen scheiden sich fast zolllange verwachsene Nadeln aus, welche schon ganz reine Monobromdioxybenzoësäure sind. Die Säure schmilzt bei 253°. Ihre Lösung wird von Eisenchlorid gelbbräunlich gefärbt und gibt, mit Bleizucker versetzt, keine Fällung. Mit concentrirter Schwefelsäure erwärmt, färbt sie sich intensiv roth, auf Zusatz von Wasser scheiden sich gelbgrüne Flocken ab, identisch mit Anthrachryson. Eine Lösung der Säure, mit Kalilauge versetzt, färbt sich nicht.

Die lufttrockene Substanz verlor bei 120° getrocknet 7·04 % Krystallwasser.

Die getrocknete Säure gab bei der Analyse:

	Gefunden	$C_7H_5BrO_4$
C	36·32	36·06
H	2·30	2·10
Br	34·22	34·33.

Die krystallisirte hält ein Molecül Wasser:

Gefunden	$C_7H_5BrO_4+H_2O$
H_2O — 7·04	7·17.

Silbersalz. Sättigt man diese freie Säure mit Ammoniak und fügt zu der, vom überschüssigen Ammoniak befreiten Lösung

salpetersaures Silber, so fällt ein gelblicher amorpher Niederschlag, der am Lichte schnell dunkler wird und lufttrocken nach der Formel $C_7H_2Ag_3BrO_4$ zusammengesetzt ist, also auch die beiden Hydroxylwasserstoffe durch Silber ersetzt, enthält:

	Gefunden	$C_7H_2Ag_3BrO_4$
C	15·07	15·16
H	0·66	0·36
Ag	58·42	58·66
Br	14·48	14·44.

Barytsalz, erhalten durch Sättigen der freien Säure mit kohlensaurem Baryt und Verdunstenlassen der Lösung bei gewöhnlicher Temperatur, ist leicht löslich in Wasser und krystallisirt in langen Nadeln.

Kupfersalz. Sättigt man eine sehr verdünnte Lösung der freien Säure mit Kupferhydroxyd in der Siedhitze und filtrirt schnell, so fällt nach dem Auskühlen ein hellgrünes Salz in körnigen Drusen, das unter dem Mikroskope concentrisch gruppirte, scharf ausgebildete Prismen erkennen lässt, die in heissem Wasser schwer, in kaltem so zu sagen unlöslich sind. Das Salz krystallisirt mit 4 Mol. Krystallwasser, die bei 120° entweichen. Dabei ändert es seine Farbe von grün in braun. Nach dem Lösen des getrockneten Salzes in heissem Wasser wird es aber wieder in den ursprünglichen grünen Krystallen erhalten.

Die Analyse der getrockneten Verbindung gab:

	Gefunden	$C_7H_4cuBrO_4$ [1]
Cu	12·50	12·02.

Die lufttrockene Substanz verlor

	Gefunden	$C_7H_4cuBrO_4+4H_2\Theta$
$H_2\Theta$	21·31	21·45.

Kalisalz. Versetzt man eine Lösung der freien Säure mit kohlensaurem Kali, jedoch so, dass noch ungesättigte Säure vorhanden ist, schüttelt, um letztere zu entfernen, mit Äther und

[1] cu = 31·7.

lässt die Lösung des so erhaltenen Kalisalzes verdunsten, so erhält man gut ausgebildete nadelförmige Krystalle, die in Wasser sehr leicht löslich sind.

Aus der Monobromdioxybenzoësäure müsste durch Erhitzen mit Kali eine Trioxybenzoësäure, also Gallussäure oder eine Isomere entstehen. Da der Versuch nicht ohne Interesse war, haben wir denselben ausgeführt.

Etwa 20 Grm. Monobromsäure wurden mit überschüssigem Kali in der Silberschale erhitzt. Die Reaction vollzieht sich sehr leicht und in sehr kurzer Zeit, die Temperatur beträgt kaum 200°. Nach dem Absättigen der Schmelze mit Schwefelsäure, Ausziehen der Lösung mit Äther und Abdestilliren desselben hinterbleiben bräunliche Krystalle, die in Wasser aufgenommen werden, worin sie sich leicht lösen. Man versetzt mit Bleizucker, wodurch ein gelbliches Bleisalz gefällt wird, das nach dem Zersetzen mit Schwefelwasserstoff und Einengen des Filtrats Krystalle vom Ansehen der Gallussäure lieferte. Durch Pressen und mehrfaches Umkrystallisiren gereiniget, zeigten sie genau den Schmelzpunkt der Gallussäure und dieselben qualitativen Reactionen. Durch Erhitzen mit Schwefelsäure erhielt man daraus Rufigallussäure. Durch Kochen einer Lösung der Substanz mit doppeltkohlensaurem Kalk, färbte sich die Flüssigkeit nach dem Erkalten blau, ganz in derselben Weise wie es auch Gallussäure thut. Mit Eisenchlorid gab die wässerige Lösung eine tief blauschwarze Färbung, vollkommen mit der unter gleichen Umständen aus Gallussäure erhaltenen identisch.

Sie krystallisirt mit 1 Mol. Krystallwasser wie die Gallussäure auch und gab bei der Elementaranalyse:

	Gefunden	$C_7H_6O_5$
C	49·73	49·41
H	3·77	3·53.

Die lufttrockene Substanz verlor nach dem Trocknen bei 120°.

	Gefunden	$C_7H_6O_5+H_2O$
H_2O	9·31	9·57.

Es kann somit kein Zweifel darüber bestehen, dass dieselbe mit Gallussäure identisch ist.

Die vom gallussauren Blei abfiltrirte Flüssigkeit gab nach dem Entbleien Krystalle, die sich als Dioxybenzoësäure erwiesen. Ihre Menge ist beträchtlicher als die der erhaltenen Gallussäure.

Es wird also ein grosser Theil der bromirten Säure wieder in die ursprüngliche Substanz zurückverwandelt, eine Beobachtung, die schon öfters gemacht wurde und für die wir weiter unten noch ein Beispiel anführen wollen.

Die Gallussäure ist bisher künstlich aus Dijodsalicylsäure und aus Monobromprotocatechusäure erhalten worden.

Nimmt man in der Salicylsäure die Stellung der Carboxyl- und Hydroxylgruppe zu 1, 2 [1], in der Protocatechusäure zu 1, 3, 4, so ergeben sich für die Gallussäure nur zwei Constitutionsformeln:

1, 2, 3, 4 oder 1, 3, 4, 6.

Wenn man nun bedenkt, dass in der Disulfobenzoësäure, also auch in der daraus entstehenden Dioxybenzoësäure eine SHO_3-Gruppe, resp. ein Hydroxyl die Stellung 3 einnimmt, was sich durch die Umwandlung der Disulfobenzoësäure in Isophthalsäure beim Schmelzen mit ameisensaurem Natron ergibt [2], so können in der Dioxybenzoësäure nur folgende relative Stellungen der Carboxylgruppe zu den Hydroxylen angenommen werden:

1, 2, 3 oder 1, 3, 6.

Von den sechs möglichen Stellungen sind nämlich 1, 2, 4 und 1, 3, 4, als der Ascher'schen Säure und der Protocatechu-

---

[1] Die Carboxylgruppe an der Stelle 1 gedacht.

[2] Die Schlussfolgerungen von v. Richter (Berliner Berichte IV. 459 u. 553 u. V. 422) sind bei dieser Zusammenstellung nicht berücksichtiget. Da sie eine vollständige Änderung aller bisherigen Ansichten über die relative Stellung der substituirenden Atome oder Atomgruppen im Benzolkerne bewirken würden und bei manchen Reactionen Umsetzungen resp. Ortsveränderungen innerhalb des Molecüls annehmen, so scheint es wohl gerechtfertigt, einstweilen weitere bestätigende Versuche hierüber abzuwarten.

säure angehörend, von vorneherein ausgeschlossen. 1, 2, 6 scheint nicht gerechtfertigt wegen der Bildung von Isophthalsäure [1]. 1, 3, 5 endlich widerspricht der Bildung von Gallussäure.

Wir haben mehrere Versuche angestellt, um uns mit Sicherheit für die eine oder die andere Formel aussprechen zu können; zu vollständiger Gewissheit sind wir jedoch nicht gelangt.

Wir werden später darauf zurückkommen, warum von diesen möglichen beiden Stellungen die zweite als wahrscheinlicher angenommen werden kann.

Bei dieser Gelegenheit wollen wir auch noch eines Versuches Erwähnung thun, den wir angestellt haben, um von der Tribromdioxybenzoësäure zu einem hydroxylreicheren Derivate zu gelangen.

Schmilzt man die dreifachgebromte Säure mit Kali im Überschusse, bis das starke Schäumen aufgehört hat und die Masse gelbbräunlich geworden ist und löst dann die erkaltete Schmelze in verdünnter Schwefelsäure, so nimmt Äther daraus einen krystallisirten Körper auf, der nach dem Reinigen und Umkrystallisiren sich als Dioxybenzoësäure erwies.

Die getrocknete Substanz gab bei der Verbrennung:

C — 54·43
H — 4·10.

Auch die qualitativen Reactionen, speciell die Bildung des grünen Körpers beim Behandeln mit Schwefelsäure und Wasser trafen vollständig zu.

Als Nebenproduct in sehr geringen Mengen und hartnäckig der Dioxybenzoësäure anhaftend, bildet sich noch eine Substanz, welche durch Eisenchlorid vorübergehend grün gefärbt wird. Die Reaction verläuft also in diesem Falle auch unter Rücksubstitution von Wasserstoff statt Brom und ohne Bildung höher hydroxylirter Producte, wie dies schon z. B. in einem dem vorliegenden ganz ähnlichen Falle, beim Schmelzen von Dibromgallussäure mit Kali von Hlasiwetz nachgewiesen wurde.

---

[1] Auch die Bildung eines Anthracenderivats durch Wasserverlust wäre bei dieser Stellung schwer erklärlich.

Diäthyldioxybenzoësäure. Schliesst man dioxybenzoësaures Äthyl mit den berechneten Mengen Ätzkali und Jodäthyl und etwas Alkohol in Röhren ein und erhitzt durch einige Stunden auf 130°, so findet man nach Beendigung der Reaction in denselben viel Jodkalium ausgeschieden. Die Flüssigkeit reagirt schwach sauer. Man verdünnt mit Wasser, schüttelt wiederholt mit Äther und erhält nach dem Verdunsten des Äthers ein Öl (diäthyldioxybenzoësaures Äthyl), das mit Kali gekocht sich grösstentheils löst. Säuert man diese Lösung mit Schwefelsäure an und schüttelt mit Äther, so hinterlässt der letztere eine ölige Flüssigkeit, die bald krystallinisch erstarrt und nach dem Umkrystallisiren aus Wasser in schönen nadelförmigen Prismen erhalten wird.

Sie sind wasserfrei und schmelzen bei 87—88°. — Bei der Analyse gaben sie folgende Zahlen:

	Gefunden	$C_{11}H_{14}O_4$
C	62·92	62·86
H	6·76	6·67.

Die Säure mit kohlensaurem Baryt gekocht, liefert ein Barytsalz, das, bei 120° getrocknet, folgende Zusammensetzung zeigte:

	Gefunden	$C_{11}H_{13}baO_4$
C	47·10	47·57
H	5·01	4·68
Ba	24·57	24·68.

Das lufttrockene Salz enthält wahrscheinlich ein Molecül Krystallwasser, dessen Bestimmung jedoch etwas zu niedrig ausfiel, da dasselbe unter der Luftpumpe eingedampft war.

Wir hatten die Äthersäure vornehmlich deswegen dargestellt, um vielleicht durch trockene Destillation daraus ein Diäthyldihydroxylbenzol zu erhalten, das dann durch Kali oder Jodwasserstoff in das entsprechende zweiatomige Phenol konnte umgewandelt werden. Es war nämlich möglich, dass dabei keine Condensation und Bildung eines Anthracenderivats statthatte.

Mischt man die Äthersäure mit überschüssigem Kalk und erhitzt, so geht Wasser über, es entwickeln sich scharf aromatisch riechende Dämpfe und es destillirt ein Öl, das nach dem Rectificiren, ohne scharf markirte Zwischenstufen zu zeigen, zwischen 205 und 260° überging. Bei der Verbrennung ergab es einen etwas höheren Kohlenstoffgehalt als ein Diäthyldihydroxylbenzol verlangt und war demgemäss sicher ein Gemische, das durch fractionirte Destillation nicht in seine Bestandtheile zerlegt werden konnte, weil die Ausbeute an demselben keine beträchtliche war.

Weder durch Erhitzen mit Kali noch durch Behandlung mit Jodwasserstoff bei gewöhnlichem oder verstärktem Drucke, liess sich daraus ein Dihydroxylbenzol, Hydrochinon, Brenzcatechin oder Resorcin abscheiden.

Bei der Behandlung mit Jodwasserstoff erhielt man eine harzige Masse, die, in Alkalien gelöst, einen äusserst starken, in grösster Verdünnung noch deutlich bemerkbaren Dichroïsmus (grün im auffallenden, gelbroth im durchfallenden Lichte) besass [1].

Wir haben nun zum Vergleiche den Diäthyläther des Resorcins synthetisch dargestellt, indem wir in bekannter Weise Resorcin, Kali und Jodäthyl auf einander wirken liessen und das erhaltene Product nach dem Reinigen destillirten. Wir erhielten so ein Öl vom Siedepunkte 251°, das keine Farbenreaction mit Eisenchlorid mehr lieferte und bei der Verbrennung folgende Zahlen gab:

	Gefunden	$C_{10}H_{14}O_2$
C	— 72·00	72·29
H	— 8·44	8·43.

Dieses Diäthylresorcin lässt sich nun auch, weder durch Erhitzen mit Kali noch durch Jodwasserstoff in Resorcin zurückverwandeln, wohl aber bildete sich im letzteren Falle wieder der schon erwähnte harzartige Körper, der in alkalischer Lösung den beschriebenen Dichroïsmus zeigte.

---

[1] Ein Harz von ganz ähnlichen Eigenschaften, speciell denselben prachtvollen Dichroïsmus zeigend, erhielt der Eine von uns beim Behandeln von Resorcin mit Wasserstoffsäuren unter erhöhtem Drucke, worüber seiner Zeit berichtet werden soll.

War uns demnach die Darstellung eines Dihydroxylbenzols in reinem Zustande aus unserer Säure nicht gelungen, so deuten doch die erhaltenen Resultate darauf hin, dass dasselbe, falls nicht weitere Umsetzung eingetreten wäre, höchst wahrscheinlich Resorcin sein musste.

Die beiden Hydroxyle würden demnach in der Dioxybenzoësäure die Stellung 1, 4 (resp. 2, 5 oder 3, 6) einnehmen und diesen kann nur eine einzige Säure von der Formel $C_7H_6O_4$ entsprechen.

Deshalb haben wir auch, wie schon früher erwähnt, für die Dioxybenzoësäure die Anordnung 1, 3, 6 als die wahrscheinlichste angenommen.

Die Parastellung der Hydroxyle in derselben scheint aber auch noch aus einem anderen Grunde gefolgert werden zu können.

Die Dioxybenzoësäuren (mit Ausnahme der unserigen) liefern, so weit die bisherigen Erfahrungen reichen, leicht unter Kohlensäure - Abspaltung Brenzcatechin oder Hydrochinon und geben keine Condensationsproducte. Auch Hypogallussäure, wenn sie überhaupt existirt, erzeugt kein Rufiopin, sondern nur die Muttersubstanz derselben, die Opiansäure, die noch Methylgruppen und eine Aldehydgruppe enthält. Protocatechusäure mit concentrirter Schwefelsäure erhitzt, liefert ebenfalls kein Condensationsproduct, wie wir uns durch besondere Versuche überzeugt haben.

Das von den der übrigen Isomeren $C_7H_6O_4$ abweichende Verhalten der Dioxybenzoësäure scheint demnach von der Stellung der Hydroxyle abzuhängen, die, wie gesagt, nur für eine einzige Verbindung von der gegebenen Formel die Parastellung sein kann.

Andere Versuche, die Constitution der Dioxybenzoësäure mit Sicherheit festzustellen, ergaben keine befriedigenden Resultate.

Zunächst versuchten wir, ob nicht aus der einfach gebromten Säure ein gebromtes Dihydroxylbenzol zu erhalten sei, indem vielleicht durch den Einfluss des Brom die Condensation verhindert werden konnte.

Erhitzt man die gebromte Säure mit Ätzkalk, so tritt vollständige Zerstörung der Substanz ein und es konnte keine Spur eines Destillationsproductes erhalten werden.

Beim Erhitzen für sich erhält man ein krystallinisches, gelb gefärbtes Destillat, das nicht unbedeutende Mengen von Anthrachryson enthielt, daneben etwas unveränderte bromirte Säure und etwas regenerirte Dioxybenzoësäure.

Bei der Darstellung von Dioxybenzoësäure aus Disulfobenzoësäure hatten wir bemerkt, dass ein Schwefelsäurerest schon beim Kochen mit concentrirter Kalilauge ausgelöst werde. Wir versuchten deshalb die so erzeugte Monosulfoxybenzoësäure unbekannter Constitution zu isoliren und durch die Meyer'sche Reaction eine Oxyphtalsäure daraus zu erhalten, die dann weitere Anhaltspunkte zur Feststellung der gegenseitigen Lage der substituirenden Reste hätte geben können.

Eine Reindarstellung der Sulfosäure scheiterte an der grossen Unbeständigkeit derselben.

Aus dem Bleisalze mit aller Sorgfalt abgeschieden, hielt sie hartnäckig noch bedeutende Quantitäten Asche zurück und selbst beim Concentriren ihrer Lösung im Vacuum bei gewöhnlicher Temperatur zersetzte sie sich fortwährend unter Entwickelung von Schwefelsäure.

Das Kali- (oder Baryt-)Salz derselben mit ameisensaurem Natron verschmolzen, lieferte keine nachweisbare Menge einer krystallisirten Substanz.

Endlich haben wir noch den schon in unserer ersten Abhandlung erwähnten Versuch, aus Disulfobenzoësäure und ameisensaurem Natron eine Tricarbonsäure zu erzeugen, in mehrfacher Abänderung wiederholt, ohne jedoch ein besseres Resultat als früher zu erzielen. Stets war das Product der Reaction Isophtalsäure.

Ein etwas niedrigerer Schmelzpunkt, den wir an derselben einigemale fanden, bewog uns zu neuen Analysen.

Wir erhielten:

	Gefunden	$C_8H_6O_4$
C	— 57·71	57·83
H	— 3·87	3·61.

Der Körper war also Isophtalsäure. Vielleicht bildet sich auch eine geringe Menge Phtalsäure, die den Schmelzpunkt etwas herabdrücken konnte, ohne die analytischen Daten zu beeinflussen.

Nachweisbar ist sie in dem Reactionsproducte nicht, ebenso wenig wie Benzoësäure.

Durch Spuren einer möglicher Weise dennoch entstandenen Tricarbonsäure, würde allerdings die Schärfe der Zahlen auch nicht sonderlich beeinträchtiget. Die Gegenwart einer solchen konnte aber, wie gesagt, nicht constatirt werden und die Reaction muss daher für das vorgesteckte Ziel als nicht entsprechend bezeichnet werden.

---

15. Über Toluoldisulfosäure und einige Abkömmlinge derselben.

Von C. Senhofer.

Ein Gemisch von wasserfreier Phosphorsäure mit Vitriolöl oder mit dem erst übergehenden breiigen Destillate des Vitriolöles hat sich als ein passendes Mittel erwiesen, um unter erhöhtem Druck zweimal die Gruppe SHO_3 in das Molecül der Benzoësäure einzuführen. Es schien daher von Interesse festzustellen, ob dieses Verfahren einer weiteren und allgemeineren Anwendung fähig sei und gestatte, den Schwefelsäure-Rest auch bei solchen Körpern zwei oder mehrmals zu substituiren, bei welchen dies durch die bis jetzt üblichen Methoden nicht gelungen war.

Ein Versuch, durch das oben angegebene Verfahren Phenol in eine Trisulfosäure überzuführen, ergab ein negatives Resultat. Bei einer Temperatur von 180° war schon eine weitgehende Zersetzung und Verkohlung des Phenols, sowie massenhafte Bildung flüssiger, schwefliger Säure eingetreten. Wurde die Temperatur unterhalb 180° gehalten, so bildete sich vornehmlich nur eine Disulfosäure, wie die Analyse des daraus dargestellten Barytsalzes bewies.

Unterwirft man aber Toluol der Behandlung mit Vitriolöl und wasserfreier Phosphorsäure, so bildet sich nicht eine der bekannten Toluolmonosulfosäuren, sondern eine Toluoldisulfosäure.

Man verfährt dabei, um die Toluoldisulfosäure darzustellen, in folgender Weise:

Circa 10 Grm. Toluol werden mit dem fünffachen Gewichte eines Gemisches aus 1 Theil wasserfreier Phosphorsäure und 2 Theilen Vitriolöls in starken Glasröhren eingeschlossen. Durch vorsichtiges Bewegen der Röhren mischt man den Inhalt, wobei unter bedeutender Temperaturerhöhung ein Gelbwerden desselben und eine vollkommene Lösung des Toluols in dem Vitriolöl erfolgt. Die Röhren werden nun durch vier bis fünf Stunden

im Luftbade auf 230° erhitzt. Nach dem Erkalten besteht der Röhreninhalt aus zwei Flüssigkeiten, wovon die untere braun und zähflüssig, die obere, in geringerer Menge vorhanden, farblos und leicht beweglich ist und sich als flüssige schweflige Säure erwies. Beim Öffnen zeigte sich ein bedeutender Druck und unter stürmischem Sieden entweicht die Hauptmenge der schwefligen Säure. Die zurückbleibende braune Masse wurde in viel Wasser aufgenommen, durch Sieden von den letzten Resten schwefliger Säure befreit und hierauf solange mit kohlensaurem Baryt versetzt, bis die Reaction neutral geworden war. Die durch das Filter vom kohlensauren, schwefelsauren und phosphorsauren Baryt befreite und jetzt farblos gewordene Flüssigkeit wurde eingedampft.

Da sich erst nach langem Einengen ein leicht löslicher Krystallbrei ausscheidet, der durch Umkrystallisiren schwer zu reinigen ist, fällt man besser, bevor die Flüssigkeit zu concentrirt geworden ist, mit Alkohol. Es entsteht dabei ein weisser, krystallinischer Niederschlag, der noch zwei- bis dreimal in Wasser gelöst und durch Alkohol wieder abgeschieden wird.

Die vereinigten alkoholischen Filtrate geben eingeengt und nochmals mit Alkohol versetzt eine kleine Quantität desselben Körpers von geringerer Reinheit.

Der Niederschlag, der unter dem Mikroskope kaum Spuren einer Krystallisation zeigt, ist die Barythverbindung einer Toluoldisulfosäure.

Das Salz entspricht lufttrocken der Formel:

$$C_6H_3 \begin{cases} CH_3 \\ SO_3 \\ SO_3 \end{cases} \!\!\!\! \left.\begin{matrix} \\ \\ \end{matrix}\right\} Ba + 3^1/_2 H_2O.$$

Es verlor bei 160° getrocknet 14·07 Pct. Wasser, für obige Formel berechnen sich 14·00 Prct.

Das getrocknete Salz zeigte bei der Analyse nachstehenden Procentgehalt:

	Gefunden	Berechnet
C	21·42	21·71
H	1·44	1·55
Ba	35·72	35·40
S	16·79	16·51
O	—	25·80.

Da das Barytsalz seiner Eigenschaften wegen sich nicht gut zur Darstellung von grösseren Quantitäten der Säure eignet, und ein vorläufiger Versuch gelehrt hatte, dass das Kalisalz leichter krystallisirbar und leichter zu reinigen sei, so wurde auf die Darstellung des letzteren hingearbeitet. Dabei wurde zur Entfernung der Schwefel- und Phosphorsäure aus dem verdünnten Röhreninhalte nicht kohlensaurer Baryt, sondern Kalkmilch verwendet. Das Filtrat wird zur Befreiung von dem überschüssig zugesetzten und gelösten Ätzkalk bei 100° mit Kohlensäure behandelt und nach Entfernung des Niederschlages so lange vorsichtig mit einer Lösung von kohlensaurem Kali versetzt, bis eine abfiltrirte Probe auf weiteren Zusatz von kohlensaurem Kali keinen Niederschlag mehr gibt. Der gebildete kohlensaure Kalk wird heiss abfiltrirt, aus dem Filtrat scheidet sich nach starkem Einengen das Kalisalz der Toluoldisulfosäure in undeutlichen Krystallmassen aus. Durch Abpressen von den Mutterlaugen und oftmaliges Umkrystallisiren kann es gereinigt werden und stellt dann kurze, wohl ausgebildete Prismen dar, denen lufttrocken die Formel $C_7H_6S_2O_6K_2+H_2O$ zukommt.

Sie wurde bei 160° getrocknet.

	Gefunden	Berechnet
H_2O —	5·45	5·20.

Die getrocknete Substanz enthielt:

	Gefunden	Berechnet
C —	25·71	25·61
H —	1·87	1·83
K —	23·50	23·78
S —	19·22	19·51
O —	—	29·27.

Bei längerem Liegen an der Luft verliert das Salz einen Theil seines Krystallwasers und wird dabei opak.

In starkem Alkohol ist es unlöslich. Da es sich wegen seiner grösseren Krystallisationsfähigkeit besser reinigen lässt, als das entsprechende Barytsalz, schien es nicht ungeeignet als Ausgangspunkt zur Darstellung der freien Säure.

Eine bei der oben angegebenen Temperatur getrocknete und gewogene Quantität desselben wurde in Wasser gelöst, mit

etwas weniger als der zur Bildung von schwefelsaurem Kali berechneten Menge von Schwefelsäure versetzt, darauf erst auf dem Wasserbade eingedampft, später unter der Luftpumpe über Schwefelsäure so lange sich selbst überlassen, bis keine Gewichtsabnahme mehr zu bemerken war. Die zähflüssige, vom schwefelsauren Kali durchsetzte Masse wurde nun in absolutem Alkohol, dem $^1/_6$ Theil des Gewichtes Äther zugesetzt worden war, gelöst, von dem ungelösten schwefelsauren Kali durch das Filter getrennt und durch abermaliges Trocknen und Aufnehmen in Ätheralkohol zu reinigen versucht. Die zurückbleibende syrupöse Masse zeigte sich aber bei allen oftmals wiederholten Versuchen schwefelsäurehältig und es musste daher von der Darstellung der freien Säure aus dem Kalisalze abgesehen werden.

Ich wandte mich daher dem Barytsalze zu, behandelte dies ganz gleich wie das Kalisalz, erhielt auch schliesslich eine Lösung der freien Säure, die vollkommen frei von Schwefelsäure war und nur sehr geringe Spuren von Asche hinterliess. Bei dem Versuche, das Lösungsmittel vollkommen zu entfernen, trat jedoch stets eine Zersetzung der Substanz ein.

Im Vacuum über Schwefelsäure war eine Entfernung des Wassers nicht vollkommen möglich, die Masse wurde dickflüssig und war nach langer Zeit von weichen mikroskopischen, nadelförmigen Krystallen durchsetzt. Auf dem Wasserbade zeigte die Verbreitung eines unangenehmen, stechenden Geruches bald die beginnende Zersetzung der Substanz an. Sie löste sich dann nicht mehr vollkommen in Wasser und die filtrirte Lösung gab mit Chlorbaryum einen Niederschlag.

Die Lösung der freien Säure, die aus dem Barytsalz dargestellt worden war, wurde zur Darstellung einiger Metallsalze verwendet.

Silbersalz. Neutralisirt man eine Lösung der Toluoldisulfosäure mit Ammoniak und versetzt selbe mit salpetersaurem oder Fluorsilber, so entsteht hiedurch kein Niederschlag. Versetzt man aber bei 100° die Lösung der freien Säure mit frisch gefälltem Silberoxyd und filtrirt, so scheiden sich beim Einengen und langen Stehen gelbe Krystallansätze aus, die am Lichte sich allmälig schwärzen.

Das Salz enthielt bei 110° getrocknet:

	Gefunden	Berechnet für $C_7H_6S_2Ag_2O_6$
Ag —	46·58	46·35.

Es ist schwer lufttrocken zu erhalten. Am nächsten kommen die aus dem Wasserverlust berechneten Procente der Formel:

$$C_7H_6S_2Ag_2O_6+2H_2O.$$

Cadmiumsalz, erhalten durch Kochen der freien Säure mit einem Überschusse von kohlensaurem Cadmium, Filtriren und Einengen des Filtrates. Stellt eine gummiartige Masse dar, die sehr leicht löslich ist.

Bei 120° getrocknet gab sie:

	Gefunden	Berechnet
Cd —	31·24	30·91.

Ammoniaksalz. Es wird erhalten durch Übersättigen der Lösung der freien Säure mit Ätzammoniak und Verjagen des Ammoniaküberschusses auf dem Wasserbade. Man löst heiss in wenig Wasser und überlässt die Flüssigkeit der Krystallisation. Es scheiden sich beim Erkalten leichtlösliche Krystallnadeln aus, die häufig gekreuzt erscheinen.

Erhitzt man das gereinigte Kalisalz der besprochenen Säure unter Zusatz von etwas Wasser mit einem bedeutenden Überschuss von Ätzkali, so wird die Masse bald homogen und nimmt eine fast orangerothe Färbung an. Zugleich beginnt die Bildung eines grossblasigen Schaumes. Verschwindet dieser wieder allmälig und entwickelt eine herausgenommene Probe beim Ansäuern sehr viel schweflige Säure, so unterbricht man die Schmelze und nimmt in Wasser auf.

Die Lösung wird nach dem Ansäuern mit Schwefelsäure hellgelb und scheidet keine harzigen oder verkohlten Bestandtheile aus. Nach dem Erkalten wurde mit Äther geschüttelt. Derselbe hinterliess nach dem Abdestilliren eine dickflüssige, gelbbraune Masse, die, in kochendem Wasser aufgenommen, nach dem Filtriren zuerst schwerlösliche Krystallnadeln abschied, bei wei-

terem Verdunsten aber syrupös wurde und an der Oberfläche nochmals feine Nadeln ansetzte. Zur Trennung wurden beide Körper wieder in Wasser aufgenommen, die Flüssigkeit mit kohlensaurem Natron alkalisch gemacht, wobei sie dunkel wurde und mit Äther behandelt. Derselbe nahm dabei die im Wasser leicht lösliche Substanz auf, während das kohlensaure Natron die schwerlösliche zurückgehalten hatte.

Die alkalische Flüssigkeit wurde daher abermals angesäuert und mit Äther geschüttelt. Der Äther hinterliess in Krusten eine gelbe Substanz, die sich in heissem Wasser ziemlich leicht, in kaltem sehr schwer löste. Nach wiederholtem Umkrystallisiren gab sie prächtige Krystallnadeln, die einen Schmelzpunkt von 152° zeigten und nach dem Reinigen durch Sublimation bei 155° schmolzen. Die wässerige Lösung gab mit Eisenchlorid eine tiefviolette Farbenreaction. Durch essigsaures Blei entstand kein Niederschlag. Der ganze Habitus, sowie die angegebene Reaction, die Krystallform und der Schmelzpunkt deuteten darauf hin, dass es Salicylsäure sei, was auch die Analyse bestätigte.

Die Säure krystallisirt ohne Krystallwasser.

	Gefunden	$C_7H_6O_3$
C —	61·28	60·9
H —	4·52	4·3.

Der Äther, welcher zum Schütteln der alkalischen Lösung verwendet worden war, hinterliess beim Abdestilliren eine ölige Flüssigkeit, die sich nach dem Verdunsten der letzten Ätherreste in Wasser leicht löste.

Die Lösung wurde zuerst mit neutralem essigsaurem Blei behandelt, wobei ein grauer Niederschlag entstand. Derselbe wurde abfiltrirt, konnte aber der geringen Quantität halber nicht weiter untersucht werden.

Das Filtrat wurde nun mit basisch essigsaurem Blei versetzt, so lange noch ein Niederschlag entstand, letzterer abfiltrirt, ausgewaschen und einstweilen unter Wasser aufbewahrt. Die filtrirte Flüssigkeit wurde mit kohlensaurem Natron vom Blei befreit, abermals mit Äther behandelt, das vom Äther gelöste in Wasser wieder aufgenommen und mit Bleiessig gefällt. Dies

Verfahren wurde so oft wiederholt, als sich noch ein Niederschlag durch die Bleisalzlösung bildete.

Werden die vereinigten Bleiniederschläge mit Wasser angerührt, das Bleisalz durch Zusatz verdünnter Schwefelsäure zersetzt, das schwefelsaure Blei durch ein Filter entfernt, so gibt die fast farblose Flüssigkeit an Äther ein schwachgelb gefärbtes, dickflüssiges Liquidum ab, das nach dem Verjagen des Lösungsmittels durch wiederholte Destillation noch weiter gereinigt wird.

Die Substanz zeigt einen Siedepunkt von circa 260° und erstarrt beim Erkalten zu einer strahlig krystallinischen Masse. Sie schmilzt bei 87°. Ihre wässerige Lösung, lange sich selbst überlassen, wird erst syrupös und dann rasch durch die ganze Masse fest, indem, von einzelnen Punkten ausgehend, sich feine Nadeln radial compact aneinander lagern.

Bei 100° getrocknet ist die Substanz wasserfrei. So analysirt entspricht sie der Formel $C_7H_8O_2$.

	Gefunden		Berechnet
	I[1]	II.	
C —	67.25	67·81	67·74
H —	6·30	6·57	6·45.

Die Substanz krystallisirt mit Krystallwasser, eine genaue Bestimmung desselben ist jedoch sehr schwierig ausführbar. Trocknet man sie bei 100°, so verliert sie nach etwa 2 Stunden nahezu 1 Molecül Wasser, dabei bemerkt man aber schon, dass dieselbe zu verdampfen beginnt. Der Punkt, in dem alles Wasser entfernt, jedoch noch keine Substanz als solche weggegangen ist, ist daher sehr schwer zu treffen, Trocknet man sie bei circa 95°, so verliert sie in kurzer Zeit $^1/_2$ Molecül Wasser, während die andere Hälfte hartnäckig zurückgehalten wird. Auch hier beginnt schon ein theilweises Verdampfen, was man daran erkennen kann, dass sich die Oberfläche der Substanz mit feinen Nadeln überzieht.

---

[1] Diese Analyse war mit einer Substanz ausgeführt, die aus einem nicht durch mehrmaliges Umkrystallisiren gereinigten toluoldisulfosauren Kali erzeugt war.

Der Körper, dem äusseren Ansehen nach dem Orcin sehr ähnlich und von derselben Zusammensetzung, weicht gleichwohl in seinen Reactionen bedeutend von demselben ab. Es zeigt:

	Orcin.	Neuer Körper.
Beim Stehen an der Luft.	Röthlich.	Keine Änderung der Farbe.
Mit Eisenchlorid.	Tiefschwarzviolett.	Braungrün.
Mit salpetersaurem Silber und Ammoniak.	Beim Erhitzen metallisches Silber ausscheidend.	Schon in der Kälte einen schwarzen Niederschlag von Silber gebend.
Mit Chlorkalk.	Tief violett, allmälig braun, dann gelb.	Roth, allmälig gelb werdend.
Krystallwasser.	2 Molecüle.	1 Molecül.
Mit Ammoniak an feuchter Luft.	Intensiv roth, beim Versetzen mit Essigsäure Ausscheidung rother Flocken.	Bräunlich, beim Versetzen mit Essigsäure farblos werdend, ohne einen Niederschlag zu geben [1].
Siedepunkt.	290°	260°
Schmelzpunkt.	86°	87°

Die Substanz ist daher nach ihrer Entstehung, Zusammensetzung und den Reactionen als eine mit dem Orcin isomere Verbindung zu betrachten. Ich nenne sie Isorcin.

Es schmeckt schwach süss, aber nicht ekelerregend, löst sich leicht in Wasser, Alkohol und Äther und wird wie das gewöhnliche Orcin nicht gefällt durch neutrale Metallsalze. Mit Alkalien der Luft ausgesetzt, wird es braun.

Die Ausbeute an rohem Isorcin beträgt circa 12 Pct. der Theorie und ebensoviel wurde ungefähr an Salicylsäure erhalten.

---

[1] Die nicht absolut reine Substanz färbt sich bei dieser Gelegenheit blau, auf Essigsäure-Zusatz erhielt man schwach röthliche Flocken. Durch Ammoniak-Zusatz konnte die blaue Farbe stets wieder hervorgerufen werden. Eine solche Substanz gab auch die unter I angeführten Daten. Das Ausbleiben der blauen Färbung bei der genannten Reaction kann als Zeichen der Reinheit der Substanz angesehen werden.

Die Bildung von einem Dihydroxyltoluol beim angeführten Processe bedarf keiner Erklärung.

Die Entstehung der Salicylsäure betreffend muss man, da das angewendete toluoldisulfosaure Salz vollkommen rein war, annehmen, es sei eine SHO_3-Gruppe durch Wasserstoff, die anderen durch Hydroxyl ersetzt und zugleich die Methylseitenkette zu Carboxyl oxydirt worden.

Schmilzt man toluoldisulfosaures Kali mit dem doppelten Gewichte ameisensauren Natrons (20 Grm. des ersteren und 40 Grm. des letzteren sind passende Quantitäten) so lange, bis die erste Schaumbildung vollkommen verschwindet, und erhitzt dann noch einige Zeit lang bei vermindertem Feuer, bis die Masse beinahe fest geworden ist und eine dunkelgrüne Farbe angenommen hat, löst dann im Wasser, filtrirt von ausgeschiedener Schmiere ab und schüttelt die angesäuerte Flüssigkeit mit Äther, so nimmt dieser eine in Wasser schwerlösliche, braun gefärbte undeutlich krystallinische Substanz auf. Diese wird durch Umkrystallisiren aus Wasser gereiniget, in ein Barytsalz übergeführt, dieses durch Salzsäure zersetzt, mit der ausgeschiedenen Substanz die Operation wiederholt, dieselbe endlich öfters in Alkohol gelöst und krystallisiren gelassen. Die ausgeschiedene krystallinische Masse wurde in ammoniakalischer Lösung mit Thierkohle gekocht und aus dem Filtrate neuerdings durch Chlorwasserstoffsäure gefällt, nochmals in Äther aufgenommen, der Äther verdunstet und der Rückstand nochmals aus Wasser krystallisirt.

So gereinigt stellt sie einen in undeutlichen, mikroskopischen Nadeln krystallisirten Körper dar, der eine entschiedene Säure ist. Er enthält kein Krystallwasser. Die getrocknete Substanz entspricht der Formel $C_9H_8O_4$ und gab bei der Analyse:

	Gefunden		Berechnet
C —	59·60	60·04	60·00
H —	4·42	4·51	4·44.

Die Säure ist zweibasisch. Sie hat dieselbe Formel wie die Uvitinsäure, Isuvitin- und Xylidinsäure.

In heissem Wasser ist sie sehr schwer löslich, in kaltem fast unlöslich, namentlich auf Zusatz von etwas Salzsäure in Alkohol und Äther leicht löslich. Eine wässerige Lösung der Säure wird von Eisenchlorid in ihrer Farbe nicht verändert. Die Salze der Alkalien und alkalischen Erden sind sehr leicht löslich in Wasser und geben mit den meisten Salzen der schweren Metalle Niederschläge. Der Schmelzpunkt der Säure lässt sich nicht genau bestimmen. Bei 280—282 fängt sie an zu sintern, bei 310 wird sie weich, vollkommen geschmolzen erscheint sie erst bei 315°.

Sie lässt sich sublimiren und erscheint dann in blassgelblichen gut ausgebildeten Nadeln. Ein Theil verkohlt jedoch dabei. Die sublimirte Säure zeigt nach dem Umkrystallisiren aus Wasser die gleichen Formen wie die nicht sublimirte, eine Abspaltung von Kohlensäure kann deshalb nicht angenommen werden.

Zur Controle wurden das Barytsalz und Silbersalz dargestellt und analysirt.

Barytsalz, erhalten durch Kochen einer wässerigen Lösung der freien Säure mit kohlensaurem Baryt, Filtriren und Eindampfen des Filtrates, ist eine undeutlich krystallinische, gelbliche Masse. Es entspricht lufttrocken der Formel:

$$C_9H_6BaO_4+2H_2O.$$

Das Salz wird bei 140° wasserfrei.

	Gefunden	Berechnet
H_2O —	10·65	10·26,

Das trockene Salz gab bei der Analyse:

	Gefunden	$C_9H_6BaO_4$
C —	34·46	34·29
H —	2·21	1·91
Ba —	43·27	43·49.

Silbersalz, dargestellt durch Fällen des neutralen Ammoniaksalzes mit Silbersalpeter. Weisser flockiger amorpher Niederschlag.

Bei 100 getrocknet erhielt man:

	Gefunden	$C_9H_6Ag_2O_4$
C —	27·60	27·41
H —	1·88	1·52
Ag —	54·78	54·80

Kupfersalz, erhalten durch Fällen des Ammoniaksalzes mit schwefelsaurem Kupferoxyd, ist ein hellgrüner, amorpher Niederschlag, im Wasser unlöslich.

Bleisalz, aus dem Ammoniaksalz durch Bleizucker erhalten, weisse, amorphe Masse, unlöslich im Wasser.

Zinksalz, aus dem Ammoniaksalz mit Zinkvitriol dargestellt. Weiss amorph, in Ammoniak löslich.

Wie aus den vorstehenden Angaben ersichtlich ist, hat die Säure mit der Uvitinsäure und namentlich mit der Xylidinsäure grosse Ähnlichkeit.

Die mit vollkommen reiner Substanz und der grössten Sorgfalt ausgeführte Prüfung ergab jedoch einige Verschiedenheiten, die dieselbe sicher als eine neue Verbindung betrachten lassen. Ich nenne sie Isoxylidinsäure.

In der folgenden Tabelle sind die Unterschiede, durch welche sich die drei genannten Säuren auseinander halten lassen, zusammengestellt.

	Uvitinsäure.	**Xylidinsäure.**	**Isoxylidinsäure.**
Schmelzpunkt	287°	280—283°	310—315°
Kupfersalz	Hellblau flockig, in Wasser fast unlöslich.	Hellblau flockig, in Wasser fast unlöslich.	Hellgrün, in Wasser unlöslich.
Zinksalz	Aus dem Ammoniaksalz durch Zinkvitriol als weisser flockiger Niederschlag erhalten.	Zinkvitriol erzeugt in der Lösung des Ammonsalzes keinen Niederschlag.	Aus dem Ammonsalz durch Zinkvitriol weiss, flockig amorph.

Silbersalz	Aus dem Ammoniaksalz durch salpetersaures Silberoxyd erhalten, weiss, flockig voluminös, am Lichte und beim Kochen beständig und in Wasser sehr schwer löslich. Beim Erkalten der gesättigten Lösung in farblosen Krystallen zu erhalten.	Aus dem Ammonsalz mit salpetersaurem Silber, weiss, flockig voluminös. Beim Kochen beständig, in heissem Wasser ziemlich löslich. Die erkaltet gesättigte Lösung scheidet keine Krystalle, sondern eine glänzende Salzhaut ab.	Aus Ammonsalz und salpetersaurem Silberoxyd weiss, flockig voluminös, beim Kochen beständig, in siedendem Wasser kaum löslich, nach dem Erkalten der gesättigten Lösung weisse Trübung.

16. Über die Einwirkung von schmelzendem Kali auf Benzoësäure.

Von **L. Barth.**

Nach den bei der Oxydation des Phenols durch schmelzendes Kali gemachten Erfahrungen, schien es nicht ohne Interesse, dieses Reagens auch auf andere aromatische Körper anzuwenden. Ich wählte zunächst zu diesen Versuchen die Benzoësäure, welche leicht rein und in grösserer Menge zu beschaffen war, und vermuthete, vorerst nach Analogie des Processes beim Phenol, neben einem Condensationsproducte zu einer der isomeren Phtalsäuren gelangen zu können. Der Versuch lieferte nun zwar ein anderes Resultat, aber dennoch scheint mir dasselbe der Mittheilung werth.

Erhitzt man Benzoësäure mit überschüssigem Kali in der Silberschale, so tritt nach einiger Zeit ziemlich starkes Schäumen, von einer Wasserstoffentwicklung herrührend, ein, die Masse färbt sich lebhaft dunkelroth, mit einem Stiche ins bräunliche. Nach einiger Zeit verschwindet diese Farbe und macht einer gelbbraunen Platz, die immer dunklere Nüancen annimmt, das Schäumen wird stärker und es entwickelt sich ein melissenartig riechender Dampf. Nachdem der Process in dieser Phase einige Zeit stehen geblieben ist, unterbricht man denselben, um etwa beginnende Verkohlung oder Verglimmung hintanzuhalten. Die Temperatur, die dabei in Anwendung kam, dürfte ungefähr 360°, die Dauer des Versuches $^1/_2$ Stunde betragen.

Die Schmelze wurde in Wasser gelöst, mit Schwefelsäure übersättigt, wobei sich eine theils krystallinisch erstarrende, theils harzige Masse ausschied, und nach dem Erkalten filtrirt. Das Filtrat war schwach gelblich gefärbt, der Filterrückstand bräunlich. Beide wurden mit Äther mehrmals durchgeschüttelt und der

Äther durch Destillation verjagt. Die aus dem Filtrate erhaltene Masse zeigte bald Krystallisation. Man unterschied deutlich die Formen der Benzoësäure neben anderen prismatischen Krystallen. Die Masse wurde auf dem Wasserbade ganz zur Trockne gebracht und dann in einem Extractionsapparate mit kochendem Schwefelkohlenstoff behandelt, um die Benzoësäure zu lösen und auf diese Weise zu entfernen. Das vom Schwefelkohlenstoff Ungelöste wurde einstweilen bei Seite gestellt. *a*.

Der Ätherrückstand, der die bei der ersten Trennung auf dem Filter gebliebenen Substanzen (mit Ausnahme des schwefelsauren Kali's) enthielt, wurde wiederholt mit Wasser ausgekocht, (etwa 15—20 mal), bis sich nichts mehr löste und der Rückstand eine bräunliche krümmelige Masse darstellte. Derselbe, *c* wurde bis zu weiterer Behandlung aufgehoben.

Die Filtrate aller Auskochungen schieden beim Erkalten gelbliche Flocken in ziemlicher Menge aus, die auf einem Filter gesammelt wurden. *b*.

Die von *b* getrennte Flüssigkeit wurde mit Äther geschüttelt, der nach dem Abdestilliren einen krystallinischen Rückstand hinterliess, in dem Benzoësäure leicht zu erkennen war. Dieser Rückstand wurde mit Schwefelkohlenstoff extrahirt, um die Benzoësäure zu lösen, und hierauf mit *a* vereinigt.

Diese Partie enthält nun vornehmlich zwei Substanzen: Paraoxybenzoësäure und einen durch Bleizucker fällbaren Körper, der eine schöne rothe Farbenreaction mit Eisenchlorid gibt.

Zur Trennung beider Körper löst man in möglichst wenig heissen Wassers (dabei bleibt manchmal noch etwas von *b* ungelöst, das mit diesem vereinigt wird) und fällt noch warm mit essigsaurem Blei. Der entstehende weisse Niederschlag wird auf einem Filter gesammelt, gut mit kaltem Wasser gewaschen, mit verdünnter Schwefelsäure zersetzt und die ganze Masse, ohne dass man früher das schwefelsaure Blei durch Filtration getrennt hätte, mit Äther durchgeschüttelt [1].

---

[1] Der Körper aus dem Bleiniederschlage ist nämlich, wenn er rein ist, in Wasser, namentlich in kaltem, schwer löslich, kann sich daher zum Theile schon mit dem schwefelsauren Blei ausscheiden und so einen Verlust bedingen.

Nach dem Verjagen des Äthers bleibt eine gelbliche Masse, die aus heissem Wasser mehrmals umkrystallisirt wurde. So erhielt man sie in undeutlich krystallinischen Flocken. Aus verdünntem Alkohol, worin sich der Körper leicht auflöst, wird er in microscopischen, kurzen, gekreuzten Prismen erhalten. Er ist eine Säure, in reinem Wasser, wie gesagt, schwer löslich, leicht löslich in Alkohol und Äther, unlöslich in Schwefelkohlenstoff. Die Färbung, die er mit Eisenchlorid zeigt, ist sehr empfindlich, schon roth mit einem Stich ins violette. Er schmilzt circa bei 245°.

Der bei 115° getrocknete Körper gab bei der Elementaranalyse:

C —	57·80	57·53
H —	4·12	4·10.

Daraus berechnet sich am nächsten die Formel:

$$C_{14}H_{12}O_7,$$

welche verlangt:

C — 57·53
H — 4·11.

Der lufttrockene Körper verlor beim Trocknen:

H_2O — 4·98 5·01.

Für $C_{14}H_{12}O_7+H_2O$ berechnen sich 5·80 Pct.

Ich muss es dahin gestellt sein lassen, welchem Grunde die nicht unbeträchtliche Differenz zwischen dem gefundenen und berechneten Krystallwassergehalte zuzuschreiben ist.

Durch Sättigen der Säure mit kohlensaurem Baryt erhält man ein in Warzen krystallisirtes Barytsalz, dessen Analyse jedoch keine brauchbaren Zahlen lieferte. Am nächsten kam es der Formel $C_{14}H_9ba_3O_7$ [1], doch wurde der Barytgehalt stets etwas zu gross befunden.

Der von Bleizucker nicht gefällte Theil von *a* wird nach dem Entbleien mit Schwefelsäure ebenfalls mit Äther durchgeschüttelt, der Äther verdampft, der krystallinische Rückstand

[1] ba = 68·5.

aus Wasser umkrystallisirt. Man erhielt so farblose, massive Prismen vom Habitus der Paraoxybenzoësäure, die mit 1 Mol. Krystallwasser krystallisirten, alle qualitativen Reactionen der Paraoxybenzoësäure zeigten und einen Schmelzpunkt von 210° besassen.

Die bei 110° getrocknete Substanz gab bei der Analyse:

	Gefunden	$C_7H_6O_3$
C	60·82	60·87
H	4·34	4·35.

Die lufttrockene Säure verlor 11·7 Pct. Krystallwasser; für $C_7H_6O_3+H_2O$ berechnen sich 11.54 Pct.

Die Substanz war also unzweifelhaft Paraoxybenzoësäure.

Der Körper, den wir früher mit *b* bezeichnet haben, ist in Wasser, auch in heissem, sehr schwer löslich, deswegen auch ziemlich leicht zu reinigen. Er stellt ein amorphes gelbliches Pulver dar, ist seinen Eigenschaften nach eine schwache Säure, erzeugt mit Eisenchlorid in wässeriger Lösung keine bemerkenswerthe Färbung. Er verlor bei 100° nichts an Gewicht und gab bei der Elementaranalyse:

C — 74·91
H — 4·46.

Auf diese Zahlen lässt sich am nächsten die Formel:

$$C_{14}H_{10}O_3$$

berechnen, welche verlangt:

C — 74·34
H — 4·46.

Löst man den Körper in Ammoniak, verjagt das überschüssige Lösungsmittel auf dem Wasserbade und fügt salpetersaures Silber hinzu, so fällt ein flockiger, weisser, am Lichte dunkel werdender amorpher Niederschlag, der nach dem Trocknen bei 100° enthielt:

	Gefunden	$C_{14}H_9AgO_3$
Ag	32·12	32·43.

Ohne auf die gegebene Formel viel Werth zu legen, scheint mir doch die Thatsache festzustehen, dass der Körper ein Condensationsproduct der Benzoësäure und zwar ein sauerstoffärmeres ist.

Die früher mit *c* bezeichnete bräunliche Masse ist vollständig amorph, sie lässt sich noch in einen in Alkohol löslichen und einen darin unlöslichen Theil trennen. Beide Körper haben schwachsaure Eigenschaften, und stellen ebenfalls ähnliche Condensationsproducte dar, wie der so eben beschriebene gelbe Körper. Nach den davon gemachten Analysen, die einen noch höheren Kohlenstoffgehalt, als den der vorigen Verbindung ergaben, eine Formel zu berechnen, hielt ich, da jede Controle fehlt, für vollkommen überflüssig.

Zu bemerken wäre noch, dass alle drei letztgenannten Producte von schmelzendem Kali nicht leicht angegriffen werden, dass aber aus dem wie gewöhnlich verarbeiteten Schmelzen eine gewisse, wenn auch nicht bedeutende Menge von Paraoxybenzoësäure erhalten werden konnte.

Was die Mengenverhältnisse betrifft, in denen die erwähnten Producte erhalten werden, so sind sie nicht bei allen Operationen gleichbleibend. Nach vorgenommenen Gewichtsbestimmungen, die allerdings keine absolute Genauigkeit beanspruchen können, bilden sich aus 100 Theilen Benzoësäure:

10—12	Theile	Paraoxybenzoësäure.
1— 2	"	der Säure $C_{14}H_{12}O_7$.
18—20	"	des gelben amorphen Körpers $C_{14}H_{10}O_3$.
18—20	"	der braunen in Wasser unlöslichen Harze.
20—25	"	regenerirte, oder nicht in der Reaction eingetretene Benzoësäure.
23—26	"	Verlust (durch vollständige Oxydation) eines Theiles der verwendeten Benzoësäure.

Betrachtet man die im Vorstehenden mitgetheilten Resultate, so erscheint als das bemerkenswertheste die Bildung von Paraoxybenzoësäure, welche hier durch directe Oxydation und

nicht wie gewöhnlich durch Substitution von OH statt eines, Wasserstoff in der Benzoësäure ersetzenden Atomes oder Restes entsteht. Es ist ferners die Beobachtung nicht uninteressant, dass, während zugleich Oxydation eintritt, auch Condensation und Reduction beobachtet wird, uud zwar letztere in grösserem Masse gegen die erstere, wie die Bildung der kohlenstoffreicheren Producte beweist. Ähnliche Fälle von Oxydation durch schmelzendes Kali sind schon beobachtet, so die Überführung des Bittermandelölharzes in Paraoxybenzoësäure und die Bildung von Alizarin aus Antrachinonmonosulfosäure, bei welcher gleichzeitig allerdings auch Substitution von OH statt SHO_3 eintritt.

Diese Thatsachen scheinen mir einer weiteren Verfolgung werth, und ich beabsichtige noch andere, zunächst aromatische Substanzen in ähnlicher Richtung zu untersuchen. Unsere Kenntnisse über die Wirkungen des schmelzenden Kali's können dadurch eine nicht unwesentliche Bereicherung erfahren.

Vorgänge der beschriebenen Art sind aber, wie mir scheint, fast immer zu trennen von denjenigen Wirkungen dieses Reagens, wo es sich um Substitution von OH statt Cl, Br, J, SHO_3 etc. handelt, in welchen Fällen die Reaction gewöhnlich bei niedrigeren Temperaturen und in der Regel ziemlich glatt und einfach verlauft, obwohl auch hier Ausnahmen keineswegs ausgeschlossen sind.

Was die Säure $C_{14}H_{12}O_7$ betrifft, so haben mich besondere Versuche belehrt, dass sie der zuerst gebildeten Paraoxybenzoësäure ihre Entstehung verdankt. Schmilzt man nämlich Paraoxybenzoësäure mit Kali durch längere Zeit, so erhält man neben unveränderter Substanz, zwei schwerlösliche, durch Bleizucker fällbare Körper, von denen der eine seiner Eisenreaction, seiner Krystallform und seinen übrigen qualitativen Reactionen nach identisch mit der angeführten Säure $C_{14}H_{12}O_7$ ist. Mit Zuhilfenahme dieser Beobachtung erklärt sich auch der Vorgang beim Schmelzen der Sulfoparaoxybenzoësäure, wobei, wie ich früher bemerkt habe, neben Protokatechusäure eine schwer lösliche, durch Bleizucker fällbare Säure mit rother Eisenreaction in geringer Menge entsteht, die ich irrthümlich für eine Isomere der Protocatechusäure gehalten hatte und aus deren Entstehung ich

auf die Anwesenheit einer isomeren Sulfoparaoxybenzoësäure geschlossen hatte (siehe folgende Abhandlung). Diese Säure ist nämlich nach allen Eigenschaften auch identisch mit der hier beschriebenen, und ihre Entstehung in geringerer Menge ist entweder dem Umstande zuzuschreiben, dass dem Gemische von Sulfoparaoxybenzoësäure und Schwefelsäure durch Äther nicht alle unzersetzt gebliebene Paraoxybenzoësäure entzogen werden konnte, oder dass sich in Folge geringer Rücksubstitution aus der Sulfosäure etwas Paraoxybenzoësäure gebildet hatte. Die erstere Ansicht hat indessen mehr Wahrscheinlichkeit für sich. Leider entsteht der Körper bei allen Reactionen nur in sehr geringer Menge. Doch hoffe ich so viel davon sammeln zu können, um durch Versuche seine Constitution aufzuklären, welche, bestätigt sich anders die gegebene Formel, nicht ohne Interesse sein dürfte.

Bei dieser Gelegenheit sei es mir auch gestattet, einige Bemerkungen über die Abhandlung von Hübner: „Wie entsteht Salicylsäure aus der Brombenzoësäure vom Schmelzpunkt 155°“ (Annal. Bd. 162 S. 71) zu machen.

In meiner Notiz über die Bildung von Protocatechusäure aus Oxybenzoësäure (Annal. Bd. 159, S. 233) habe ich gelegentlich ausgeführt, dass Reactionen mit schmelzendem Kali wohl benützt werden können zur Erforschung von Isomerieverhältnissen aromatischer Substanzen, und bin damit der Ansicht, die Hübner und Friedburg mehrfach geäussert haben, entgegengetreten. Bemerkungen, die ich l. c. über die Producte der Einwirkung des schmelzenden Kali's auf Monobrombenzoësäure gemacht habe, veranlassten Hübner zu der oben erwähnten Entgegnung.

Diese scheint mir nun in vieler Beziehung überflüssig, in anderer ungerechtfertigt. Vor allem habe ich nicht die Bildung geringer Mengen Salicylsäure einer Verunreinigung der verwendeten Brombenzoësäure mit einer Isomeren zugeschrieben, wie mir Hübner vorwirft. Jeder, der die betreffende Stelle in meiner Notiz gelesen hat, wird dies zugeben müssen. Wohl aber glaubte ich im Rechte zu sein, wenn ich die Bildung von geringen Mengen Salicylsäure aus der mehrerwähnten Brombenzoësäure nicht, wie Hübner und Friedberg dies gethan haben als Beweis

gegen die Brauchbarkeit der Reaction mit schmelzendem Kali gelten liess. Mir schien eben die so überwiegend stattfindende Erzeugung von Oxybenzoësäure ein hinlänglicher Beweis dafür, dass auch in diesem Falle meine Ansicht die richtige sei. Hübner sagt weiter:

„Barth scheint zu glauben, ich bezweifelte die Bildung von Oxybenzoësäure bei Vertretung des Broms durch die Hydroxylgruppe in der Brombenzoësäure (Schmelzpunkt 155°). Ich hielt aber diese Bildung für so selbstverständlich etc.

Ich habe nun allerdings geglaubt, Hübner bezweifle diese Bildung, und die Berechtigung zu diesem Glauben schien mir daraus gefolgert werden zu können, dass Hübner und Friedburg, wenn sie von den Producten der Einwirkung von schmelzendem Kali auf die erwähnte Brombenzoësäure sprechen, wohl immer der dabei auftretenden Salicylsäure und der sehr schwer löslichen, sehr klein krystallisirenden Säure erwähnten, niemals aber der Oxybenzoësäure gedachten, die doch bei dem Versuche stets die allergrösste Hauptmenge ausmacht und demgemäss als das eigentliche Reactionsproduct angesehen werden kann.

Deshalb habe ich auch die Angabe von Friedburg als nicht richtig bezeichnet.

Im weiteren Verlaufe seiner Bemerkungen führt Hübner dann aus, dass aus Brombenzoësäure beim Schmelzen mit Kali mehr als einige Milligramme Salicylsäure, selbst bei Anwendung von nur 2—3 Grm. Brombenzoësäure entstehen. Dies ist richtig. Ich habe in meinen Auseinandersetzungen keine Angabe über die Procente der erzeugten Salicylsäure gemacht, da ich die erhaltenen Quantitäten nicht gewogen habe; nur das wollte ich mit meiner Angabe feststellen, dass die Menge der so gebildeten Salicylsäure eine verhältnissmässig sehr geringe gegenüber der entstandenen Oxybenzoësäure war.

Bei der Erklärung, die Hübner später über die Bildung der Salicylsäure in diesem Falle gibt, ist es übrigens auffallend, dass bei $^1/_4$stündigem Schmelzen 2·85 Pct. der angewandten Brombenzoësäure an Salicylsäure erhalten wurden, bei sechsstündigem nur 1·67 Pct., bei achtstündigem 2·50 Ptc. Man sollte glauben, dass die längere Dauer der Einwirkung auch die Menge der Salicylsäure beträchtlich vermehren würde.

Einen anderen Versuch hat Hübner ausführen lassen, um zu zeigen, dass Phenol, mit Kali geschmolzen, bei derselben Temperatur Salicylsäure liefert, wie dies Brombenzoësäure thut (193 bis 280°). Ich habe diesen Versuch wiederholt und kann seine Richtigkeit bestätigen.

Er wendet sich deshalb gegen meine Angabe: dass Phenol sich erst bei viel höheren Temperaturen in die beiden Oxybenzoësäuren und in Diphenol verwandle. Ich muss im grossen und ganzen auch diese meine Bemerkung aufrecht erhalten, obwohl es dem Wesen der Sache keinen Eintrag thun würde, wenn man dieselbe fallen liesse. Die Reaction von schmelzendem Kali auf Phenol, wobei die von mir angeführten Producte erhalten werden, verläuft bei Temperaturen, die über 300° liegen, also nicht mehr leicht mit dem Quecksilberthermometer gemessen werden können. Dort beginnt überhaupt erst ein inniges Verschmelzen der Kaliverbindung des Phenols mit dem überschüssigen Ätzkali.

Was die Temperatursangaben betrifft, so habe ich eben meine Versuche und nicht die von Friedburg dabei im Auge gehabt. Die Bildung geringer Mengen Salicylsäure bei niedriger Temperatur kann ich mit Vergnügen zugeben.

Hübner gibt nun eine Erklärung, wie er sich die Salicylsäure aus Brombenzoësäure entstanden denkt. Habe ich seine Gleichungen recht verstanden, so soll zunächst aus brombenzoësaurem Kali und Kalihydrat Brombenzol und kohlensaures Kali entstehen, das erstere liefert dann weiterhin Phenol neben Bromkalium, und das Phenol dann mit kohlensaurem Kali, kalium-salicylsaures Kali und Wasser.

Hübner schreibt nämlich:

$$C_6H_4Br.COOK + KHO\,[1] = C_6H_4Br.H + CO_3K_2 + KHO$$
$$= C_6H_5OH + CO_3K_2 + KBr. = C_6H_4.OK.COOK + H_2O + KBr.$$

Es ist nun schwer einzusehen, wie sich aus einmal gebildetem Brombenzol Phenol erzeugen kann, da alle Angaben über Brombenzol darin übereinstimmen, dass das Brom aus demselben

[1] Aus Versehen ist in der Hübner'schen Gleichung ein Mol: KHO zu wenig gesetzt.

durch Schmelzen mit Kali nicht ausgelöst und durch Hydroxyl nicht ersetzt werden kann.

Die Erklärung des Vorganges auf die angeführte Weise scheint also nicht stichhältig. Nimmt man aber keine Bildung von Brombenzol an, so muss doch wohl das Brom durch Hydroxyl ersetzt werden, da in der Schmelze nach beendigter Reaction keine Brombenzoësäure, auch keine Benzoësäure und kein Benzol enthalten ist, wohl aber Bromkalium. Ist dies der Fall, so hat sich eben Oxybenzoësäure gebildet, und um die Salicylsäurebildung zu erklären, müsste man annehmen, dass im Momente, wo das Brom durch OH ersetzt wird, sich auch Kohlensäure abspalte. Wäre dies richtig und enstünde die Salicylsäure aus so gebildetem Phenol, so müssten, da die Umwandlung des letzteren in erstere auch bei langer Schmelzdauer nur eine sehr unbedeutende ist, in der angesäuerten Masse leicht nachzuweisende Mengen von Phenol sich befinden. Bei vielen in dieser Richtung angestellten Versuchen habe ich nun gar kein Phenol in der sauren Lösung der Schmelze auffinden können (auch durch den Geruch war keines nachweisbar), in anderen Fällen wurde zwar ein ganz schwacher Phenolgeruch bemerkt, niemals aber konnte Phenol in Substanz erhalten werden, obwohl sich jedesmal Salicylsäure gebildet hatte. Spuren von Phenol können aber wirklich durch die angegebene Nebenreaction entstehen, nur erklären sie nicht das besprochene Auftreten von Salicylsäure, weil, wie gezeigt, unter den angegebenen Bedingungen nur ein sehr geringer Bruchtheil des Phenols in die Säure übergeführt wird.

Lässt man daher diese Erklärung als unberechtigt fallen, so bleibt nichts übrig als anzunehmen, die anfänglich gebildete Oxybenzoësäure zerfalle beim weiteren Schmelzen mit Kali zum Theile in Kohlensäure und Phenol, und dieses letztere gäbe die Veranlassung zur Salicylsäurebildung. Aber auch diese Annahme wird durch den Versuch widerlegt.

Schmilzt man nämlich schon fertig gebildete Oxybenzoësäure mit Kali unter den gegebenen Bedingungen, so erhält man keine Spur von Phenol oder Salicylsäure, wie ich mich mehrfach überzeugt habe.

Nach alledem scheint die Frage: „Wie entsteht Salicylsäure aus der Brombenzoësäure vom Schmelzpunkte 155°“ noch eine offene zu sein und als solche habe ich sie auch in meiner früheren Notiz behandelt.

Die durch den zweiten Theil der oben angeführten Gleichung gegebene Erklärung scheint Hübner derjenigen, die ich seinerzeit für die Entstehung der Oxybenzoësäure gegeben habe, vorzuziehen. Nach ihm spielt kohlensaures Kali dabei eine Hauptrolle. Ich will nun durchaus nicht meine Ansicht als die richtige vertheidigen, zumal dieselbe von der Hübner'schen nicht einmal weit verschieden ist; nur die Bemerkung möchte ich mir erlauben, dass der Zusatz von kohlensaurem Kali zum Ätzkali, wie er ihn bei einem angeführten Versuche macht, überflüssig erscheint, weil bei dem Processe selbst sich durch Zerstörung eines Benzolringes grosse Quantitäten Kohlensäure, resp. kohlensaures Kali bilden, wie die stürmische Gasentwicklung beim Absättigen der Schmelze beweist.

Zum Schlusse kann ich nicht umhin zu bemerken, dass Hübner in der letzten Abhandlung die Kalischmelze als ein Mittel zur Bestimmung der Reihe, zu welcher ein Körper gehört, anerkennt, mit der Beschränkung, dass die Mengenverhältnisse der entstandenen Verbindungen, namentlich bei der gleichzeitigen Bildung isomerer Körper berücksichtigt werden.

Ich hätte es nicht gewagt, aus den früheren Äusserungen Hübner's diesen Schluss zu ziehen, und constatire diese Thatsache deshalb mit Vergnügen. Mir anderseits ist es nie in den Sinn gekommen, aus den bei solchen Reactionen auftretenden Nebenproducten einen Schluss auf die Constitution der ursprünglichen Substanz zu ziehen, sondern ich habe immer den der Menge nach als Hauptproduct auftretenden Körper als den in dieser Beziehung massgebenden angesehen. Eine andere Auffassung wird in keiner meiner Arbeiten zu finden sein.

17. Über Sulfoparaoxybenzoësäure.

Von **Rudolf Kölle.**

In einer Abhandlung über die Constitution der Protocatechusäure erwähnte Professor Barth der Sulfoparaoxybenzoësäure, aus der durch Schmelzen mit Kali die Protocatechusäure entsteht. Er bemerkte dazu, dass man zugleich einen Körper mit rother Eisenreaction erhalte, der eine neue Isomere $C_7H_6O_4$ sein könne, deren Bildung auf die Anwesenheit zweier isomeren Sulfosäuren schliessen lasse. Nach den in der vorstehenden Abhandlung mitgetheilten Thatsachen konnte die Entstehung dieser Substanz auf andere Weise befriedigend erklärt werden.

Ich habe nun die Untersuchung der Sulfoparaoxybenzoësäure unternommen, zunächst um diese selbst und einige Salze derselben kennen zu lernen, dann aber auch, um mich von der An- oder Abwesenheit einer isomeren Verbindung zu überzeugen.

Vollkommen trockene, reine, gepulverte Paraoxybenzoësäure wurde in einem Kolben so lange den Dämpfen von wasserfreier Schwefelsäure ausgesetzt, bis sich allmälig eine syrupdicke braune Masse gebildet hatte. Es schien dabei sehr vortheilhaft zu sein, Retorten mit kurzem Halse anzuwenden, um dadurch die Temperatur im Kolben zu erhöhen, da sich sonst immer Klumpen unzersetzter Paraoxybenzoësäure bildeten, die der Zersetzung durch Schwefelsäure hartnäckig widerstanden.

Hat sich alles gelöst, so schüttet man den Inhalt vorsichtig in das zehnfache Quantum Wasser, entfernt durch Schütteln mit Äther die vielleicht noch unzersetzte Paraoxybenzoësäure, und versetzt die etwas röthlich gefärbte Flüssigkeit bis zur Neutralisation mit Ätzkalk, filtrirt vom Gips, leitet in das Filtrat Kohlensäure, filtrirt vom ausgeschiedenen kohlensauren Kalk und zersetzt die so erhaltene Lösung von sulfoparaoxybenzoësaurem Kalk

mit kohlensaurem Kali, wobei man einen Überschuss des letzteren Salzes vermeidet. Man filtrirt wieder und fällt das gebildete Kalisalz mit Bleizucker, wodurch ein voluminöser weisser Niederschlag entsteht, der weder in kaltem noch in heissem Wasser löslich ist. Er wird filtrirt, sehr gut ausgewaschen, in ein Becherglas gespült und durch Schwefelwasserstoff zersetzt. Man trennt vom ausgeschiedenen Schwefelblei und dampft das Filtrat im Wasserbade ein. Der Rückstand enthält die noch rohe, aschenhältige freie Säure. Zu ihrer Reinigung wurde sie mit absolutem Alkohol längere Zeit gekocht, vom ungelösten filtrirt, der Alkohol verjagt, der syrupartige Rückstand in Wasser aufgenommen, von den sich ausscheidenden Flocken getrennt und der Krystallisation überlassen. Erst wenn die Masse eine zähe Consistenz angenommen hat, beginnen langsam weisse seidenglänzende Nadeln anzuschiessen, die sich in Wasser äusserst leicht lösen und mit Eisenchlorid eine blutrothe Farbenreaction geben, welch letztere auf Zusatz von kohlensaurem Natron oder Ammoniak sogleich wieder verschwindet.

Die Säure ist zerfliesslich, leicht löslich in Alkohol, unlöslich dagegen in Äther.

Sie schmilzt schon unter 100° und erstarrt nicht mehr krystallinisch.

Die Substanz wurde zur Analyse bei 120° getrocknet.

Man erhielt:

	Gefunden	Berechnet nach der Formel $C_7H_6SO_6$
C	— 38·02	38·53
H	— 3·11	2·75
S	— 14·73	14·68.

Von einer sicheren Krystallwasserbestimmung konnte wohl kaum die Rede sein, da die Säure ihrer hygroskopischen Eigenschaft wegen bei längerem Stehen an der Luft zerfliesst. Die erhaltenen Zahlen deuten darauf hin, dass sie mit einem Molecül Krystallwasser krystallisirt.

Zur Controle wurde von den Salzen das Kali-, Baryt-, Silber-, Kupfer- und Cadmiumsalz näher untersucht und bestimmt.

Das **Kalisalz** wurde, wie schon erwähnt, durch Wechselzersetzung des Kalksalzes mit kohlensaurem Kali erhalten. Nach Entfernung des ausgeschiedenen kohlensauren Kalkes wurde die Flüssigkeit eingedampft. Man erhält nach einigem Stehen krystallinische Krusten aus deutlich ausgeprägten quadratischen Tafeln bestehend. Später beobachtet man noch andere nadelförmige Krystalle. Es schien nun möglich, dass man es hier mit den Salzen von zwei isomeren Säuren zu thun habe, von denen die eine beim Behandeln mit schmelzendem Kalihydrat Protocatechusäure, die andere eine Isomere liefern würde. Doch diese Ansicht erwies sich nicht als stichhältig. Beide gaben dasselbe Product, nämlich Protocatechusäure. Der Unterschied besteht einzig nur darin, dass sich zuerst, wie die Analyse zeigte, ein basisches Kalisalz, in dem auch noch der Hydroxyl-Wasserstoff der Säure durch Kalium ersetzt ist, ausscheidet.

Dies ist das in Tafeln krystallisirte Salz, während das neutrale erst später anschiesst. Aus den Mutterlaugen des ersteren Salzes scheidet sich zunächst eine gemischte Krystallisation aus: Tafeln und Nadeln, endlich folgen nur mehr die letzteren. Beide Arten von Krystallen sind von strohgelber Farbe, ziehen an der Luft Wasser an, welche Eigenschaft die Tafeln in einem geringeren Grade besitzen. Ihre Lösungen reagieren alkalisch und geben, wie überhaupt alle Salze der Sulfoparaoxybenzoësäure mit Eisenchlorid eine blutrothe Farbenreaction.

Das in Tafeln krystallisirte Salz ist nach der Formel $\underbrace{C_7H_3K_3SO_6+2H_2O}$ zusammengesetzt.

Das Salz verliert sein Krystallwasser erst bei 160°.

	Gefunden	Berechnet
H_2O —	9·43	9·78.

Eine Kalibestimmung des getrockneten Salzes ergab:

	Gefunden	$C_7H_3K_3SO_6$
K —	35·60	35·24.

Die Analyse des zuletzt ausgeschiedenen in Nadeln krystallisirten Salzes ergab für dasselbe im lufttrockenen Zustande die Formel:

$$(C_7H_4K_2SO_6+H_2O).$$

Es ist also das eigentliche neutrale Salz. Sein Krystallwasser verliert es bei 150°.

	Gefunden	Berechnet
H_2O	— 6·20	5·77.

Die vollständige Analyse der getrockneten Verbindung lieferte folgende Zahlen:

	Gefunden	$C_7H_4K_2SO_6$
C	— 28·35	28·57
H	— 1·44	1·36
K	— 26·33	26·53
S	— 11·07	10·88.

Versetzt man das neutrale Salz mit etwas Kali und lässt einige Zeit stehen, so erhält man wiederum die erst beschriebenen Tafeln des basischen Salzes. Eine isomere Sulfosäure konnte weder in den Kalisalzen noch in den später zu beschreibenden Salzen aufgefunden werden. Es bildet sich somit bei der Einwirkung von Schwefelsäure auf Paraoxybenzoësäure nur eine einzige Sulfosäure.

Neutrales Barytsalz. Neutralisirt man das breiige Gemisch von Schwefelsäure und Sulfoparaoxybenzoësäure anstatt mit Ätzkalk mit kohlensaurem Baryt und dampft nach dem Entfernen des schwefelsauren Baryts das Filtrat ein, so erhält man das genannte Salz. Es wird nochmals in Wasser gelöst, zur Vorsicht mit Ätzbaryt gekocht, vom Überschuss des letzteren durch Kohlensäure befreit und im Wasserbade eingeengt. Es krystallisirt in weissen Blättchen, die sich in Wasser leicht lösen und $3^1/_2$ Mol. Krystallwasser enthalten, das bei 150° entweicht.

Es entspricht demnach lufttrocken der Formel:

$$2(C_7H_4BaSO_6)+7H_2O.$$

Eine Krystallwasserbestimmung gab:

	Gefunden	Berechnet
H_2O	— 15·15	15·14.

Das getrocknete Salz gab analysirt folgende Zahlen:

Gefunden		$C_7H_4BaSO_6$
C	24·21	23·80
H	1·41	1·13
Ba	39·02	38·81
S	9·50	9·07.

Ein **basisches Barytsalz** scheidet sich als weisses amorphes Pulver bei der Wechselzersetzung des basischen Kalisalzes mit Chlorbarium aus.

Es entspricht getrocknet der Formel:

$$2(C_7H_3SO_6)Ba_3$$

Gefunden		Berechnet
Ba	49·10	48·87.

Silbersalz. Löst man in kochender freier Säure Silberoxyd bis zur Sättigung auf und filtrirt die noch heisse Flüssigkeit vom überschüssigen Silber, so scheiden sich nach dem Erkalten weisse Flocken aus, die unter dem Mikroskop deutliche Krystallisation zeigen. Das Salz besitzt kein Krystallwasser und ist sehr beständig. Nach der Analyse kommt ihm die Formel zu:

$$C_7H_4Ag_2SO_6.$$

Gefunden		$C_7H_4Ag_2SO_6$
Ag	50·24	Ag — 50·00.

Das **Kupfersalz** erhielt ich durch Kochen der freien Säure mit kohlensaurem Kupfer. Nach dem Verdunsten des Lösungsmittels hinterblieb ein dunkelgrünes amorphes Pulver, dessen Analyse nach dem Trocknen bei 100° folgenden Kupfergehalt ergab:

Gefunden		$C_7H_4CuSO_6$
Cu	22·83	22·69.

Das **Cadmiumsalz**, erhalten durch Lösen von kohlensaurem Cadmium in der freien Säure, bildet mikroskopische Krystalle, die sich im Wasser sehr leicht lösen. Bei 130° getrocknet verliert es sein Krystallwasser.

Lufttrocken hat es die Formel

$$C_7H_4CdSO_6 + 3H_2O.$$

Eine Cadmiumbestimmung des trockenen Salzes ergab:

	Gefunden	$C_7H_4CdSO_6$
Cd	33·93	34·15.

Das wasserhältige Salz verlor beim Trocknen:

	Gefunden	Berechnet
H_2O	13·80	14·14.

XIX. SITZUNG VOM 11. JULI 1872.

Der Secretär legt folgende eingesendete Abhandlungen vor:

„Note über die Zugeordneten der Functionen X_n^m“ und „Einige neue Eigenschaften der Functionen X_n^m“, vom Herrn Prof. L. Gegenbauer in Krems.

„Über den Zustand gesättigter und übersättigter Lösungen“, vom Herrn Prof. Dr. Al. Handl in Lemberg.

Herr Director Dr. J. Stefan überreicht eine Abhandlung: „Über die Eigenschaften der Schwingungen eines Systems von Punkten“.

Herr Dr. Jos. Nowak legt eine Abhandlung: „Über den Nachweis giftiger Pflanzenstoffe bei forensischen Untersuchungen“ vor.

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Accademia Olimpica di Vicenza: Atti. 1° e 2° Semestre 1871; Atti del Consiglio Academico 5 Marzo 1872. 8°.

— Gioenia di scienze naturali di Catania: Atti. Serie III^a. Tome V. Catania, 1871; 4°.

Akademie der Wissenschaften, Königl. Preuss., zu Berlin. Monatsbericht. März 1872. Berlin; 8°.

— — Königl. Bayer., zu München: Sitzungsberichte der philos.-philolog.-histor. Classe. 1871, Heft V & VI; 1872, Heft I. München, 8°.

Astronomische Nachrichten. Nr. 1895—1896. (Bd. 79, 23—24.) Altona, 1872; 4°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXIV, Nr. 26. Paris, 1872; 4°.

Gesellschaft, österr., für Meteorologie: Zeitschrift. VII. Band, Nr. 13. Wien, 1872; 4°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXIII. Jahrgang, Nr. 27—28. Wien, 1872; 4⁰.

Istituto, R., Veneto di Scienze, Lettere ed Arti: Atti. Tomo I°. Serie IV^a, Disp. 6^a. Venezia, 1871—72; 8⁰.

Landbote, Der steirische. 5. Jahrgang, Nr. 14. Graz, 1872; 4⁰.

Lanzillo, Vincenzo, Navigazione atmosferica con un aerostato-battello-vapore. Torino, 1872; kl. 4⁰.

Lotos. XXII. Jahrgang, Mai 1872. Prag; 8⁰.

Nature. Nr. 140, Vol. VI. London, 1872; 4⁰.

Osservatorio del R. Collegio Carlo Alberto in Moncalieri: Bullettino meteorologico. Vol. VI, Nr. 6. Torino, 1872; 4⁰.

Respighi, Lorenzo, Osservazione dell' eclisse totale del 12 Decembre 1871 a Poodoocottah nell' Indostan. Roma, 1872; 4⁰. — Sulla Nota del prof. P. Secchi intitolata: Sull' ultima eclisse del 12 Dicembre 1871. 4⁰.

„Revue politique et littéraire“ et „La Revue scientifique de la France et de l'étranger“. 2me Année, (2e Série) Nr. 1. Paris & Bruxelles, 1872; 4⁰.

Scarenzio, Pietro, Giuseppe Belli. Commemorazione. Pavia, 1872; 8⁰.

Société Entomologique Belge: Annales. Tomes I—XIV. Bruxelles, 1857—1871; 8⁰.

— Malacologique de Belgique: Annales. Tomes I—V, Années 1863—1870. Bruxelles; 8⁰.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXII. Jahrgang, Nr. 27. Wien, 1872; 4⁰.

Zeitschrift des österr. Ingenieur- & Architekten-Vereins. XXIV. Jahrgang, 9. Heft. Wien, 1872; 4⁰.

Über den Zustand gesättigter und übersättigter Lösungen.

Von Dr. **Al. Handl,**
k. k. Professor in Lemberg.

(Beiträge zur Moleculartheorie. III.)

Ein Versuch, die früher von mir ausgesprochene, der kais. Akademie in der Sitzung am 10. Mai d. J. vorgelegte Ansicht über die Molecular-Constitution der Flüssigkeiten auch zu einer Erklärung der Vorgänge bei der Auflösung [1] eines festen Körpers in einer Flüssigkeit zu verwenden, zeigte bald, dass dies noch nicht möglich ist, ehe man anderweitig zu genaueren Kenntnissen über die Eigenschaften der Molecüle gelangt ist; denn es lassen sich a priori so viele Verhältnisse und darauf begründete Vorgänge angeben, welche alle ein Losreissen der Theilchen eines festen Körpers und deren flüssige Ausbreitung zwischen den Flüssigkeitstheilchen zur Folge haben müssten, dass man vorläufig gar keinen von ihnen als den wahrscheinlicheren zu erkennen im Stande ist. Um zu erfahren, welche Vorgänge eigentlich die Auflösung bedingen, müsste man erst im einzelnen wissen, welches die Massen, Geschwindigkeiten, Distanzen und allenfalls auch die Wirkungssphären der Molecüle in den bei der Auflösung betheiligten Körpern sind; man müsste die Verhältnisse dieser einzelnen Daten bei löslichen und nicht löslichen

[1] Es sei hier gestattet, nebenbei zu bemerken, dass ich die öfters vorkommende Anwendung eines und desselben Wortes für verschiedene Begriffe unter allen Umständen für verwirrend und schädlich halte, und dass ich daher speciell hier unter „Auflösung" den Vorgang des Zerfallens der Molecüle eines festen Körpers und ihrer Ausbreitung zwischen den Flüssigkeitstheilchen verstehe, während ich die daraus entstehende, die beiden Substanzen enthaltende Flüssigkeit als „Lösung" bezeichne. Eine „Lösung" entsteht also durch „Auflösung" eines festen Körpers in einer Flüssigkeit.

festen Substanzen und den betreffenden Flüssigkeiten nach einer allgemein giltigen Regel verschieden finden, um dann aus allen überhaupt denkbaren Vorgängen diejenigen heraussuchen zu können, welche wirklich statthaben und die beobachteten Thatsachen bedingen. Die nächste Vorarbeit, zu diesem Ziele zu gelangen, wäre eine nach den Methoden der Naturgeschichte entworfene Characteristik der einzelnen Flüssigkeiten und der in jeder von ihnen löslichen und unlöslichen Substanzen.

Es ist klar, dass eine solche Erklärung gleichzeitig auch über verwandte Thatsachen, über die Umstände z. B. von denen das Benetzen oder nicht Benetzen eines festen Körpers durch eine Flüssigkeit abhängig ist, Auskunft geben müsste; denn mit der blossen Stärke der Anziehungskräfte (Cohäsion und Adhäsion) reichen wir nicht mehr aus, sobald wir die Molecüle nicht mehr als ruhend ansehen dürfen, sondern ihre Bewegungszustände mit in Betracht ziehen müssen.

Obwohl demnach die Bewältigung dieser Aufgabe vorläufig noch dahingestellt bleiben muss, ergab sich während der vorhin erwähnten Überlegungen eine sehr einfache Erklärung des Zustandes gesättigter Lösungen und der eben so häufig eintretenden Übersättigung. Meines Wissens hat man bisher weder für das Gesetz, dass eine Flüssigkeit in Berührung mit einem fremden Körper nicht mehr als eine bestimmte Menge desselben in den flüssigen Zustand überzuführen und sich mit demselben zu mischen vermag, noch für die schon zur zweiten Regel gewordene Ausnahme, dass die Flüssigkeit doch eine grössere als jene angebliche Maximalmenge des fremden Körpers in flüssiger Form in sich enthält, eine Erklärung aufgestellt; man musste sich damit begnügen, die quantitativen Verhältnisse in dieser Beziehung so gut als möglich festzustellen, und konnte nur constatiren, dass keine einfachen oder allgemeinen Beziehungen zwischen der Löslichkeit und anderen Eigenschaften der Körper, z. B. Äquivalentgewicht, Dichtigkeit u. s. w. zu bestehen scheinen. Solche Beziehungen und überhaupt ein begründender Aufschluss über die quantitativen Verhältnisse der Löslichkeit werden sich wohl nur im Zusammenhange mit einer näheren Einsicht in die mechanischen Vorgänge bei der Auflösung ergeben; aber auch ohne

bestimmte Voraussetzungen oder Kenntnisse über jene Vorgänge kann man folgende Betrachtungen anstellen:

Bringt man eine lösliche feste Substanz in Gestalt eines Pulvers oder grösserer unregelmässig geformter Stücke in ein Lösungsmittel, aber in einer grösseren als der zur vollständigen Sättigung nothwendigen und hinreichenden Menge, so bleibt ein Theil derselben zwar ungelöst, aber nicht auch unverändert. Man beobachtet vielmehr, wenn die Lösung in einem vollkommen verschlossenen Gefässe, bei möglichst constanter Temperatur und geschützt gegen Erschütterungen von aussen gehalten wird, nach längerer Zeit eine vollständige Umwandlung des ungelösten Überschusses. Die einzelnen, früher getrennten Körner wachsen zusammen, nehmen eine vollständig krystallinische Structur in der ganzen vereinigten Masse und nicht selten auch eine gut entwickelte äussere Krystallform an. Daraus folgt, dass ein fester Körper auch in einer gesättigten Mutterlauge durchaus nicht gegen die Angriffe der Flüssigkeit geschützt ist, und dass sich die Gesammtheit der daselbst in fester und flüssiger Form befindlichen Theile des gelösten Körpers in einem Zustande des beweglichen Gleichgewichtes befindet. Der Vorgang, durch welchen ein Molecül eines festen Körpers gezwungen wird, sich der dasselbe bis dahin beherrschenden Cohäsion zu entziehen und selbst flüssig in das Lösungsmittel hinaus zu treten, mag was immer für einer sein, er wiederholt sich fortwährend an der Grenze der beiden Körper; es steht ihm aber auch ein anderer, gewissermassen umgekehrter Vorgang zur Seite, durch welchen ein bisher gelöstes Molecül, an der Grenze zwischen der Flüssigkeit und dem festen Körper angelangt, wieder von dem letzteren erfasst und festgehalten wird. Dieser zweite Vorgang findet unter sonst gleichen Umständen offenbar desto häufiger statt, je mehr von der festen Substanz in der Lösung enthalten ist. In einer Lösung, welche noch mit fester Substanz in Berührung steht, findet ein fortwährendes Auflösen einerseits, und Auskrystallisiren andererseits statt, und sie heisst gesättigt, wenn die beiden Vorgänge in gleichem Masse statthaben, d. h. wenn die in jeder Zeiteinheit neu in die Lösung tretende Menge des festen Körpers ebenso gross ist als die gleichzeitig auskrystallisirende. Unter dieser Bedingung allein ist auch der Salzgehalt der Lösung ein

constanter; man hätte aber Unrecht, wenn man aus der Unveränderlichkeit der in die Lösung eintretenden Salzmenge den Schluss ziehen wollte, dass sie zur weiteren Auflösung fester Substanz oder zur erhöhten Aufnahme derselben unfähig sei, dass der Flüssigkeit gewissermassen eine bestimmte Capacität für diesen oder jenen Stoff zugeschrieben und dass diese nicht überschritten werden könne.

Dass der Sättigungszustand einer Lösung nicht auf einer specifischen Capacität der Flüssigkeiten beruht, scheint auch aus dem Verhalten der Colloidsubstanzen (wie Leim, Gummi, Harze u. s. w.) hervorzugehen; sie haben keine Sättigungsgrenze, sie lösen sich in den überhaupt zu ihrer Auflösung geeigneten Flüssigkeiten in unbegrenzten Mengen auf, so dass die Lösungen als dickflüssige und weiche Körper in allen Abstufungen bis zum allmäligen Übergang in den Zustand vollkommener „Festigkeit", sogar verbunden mit bedeutender Sprödigkeit, auftreten. Die gegenseitige Anziehung ihrer Molecüle wird also nie mehr grösser als die von den Flüssigkeitstheilchen auf sie ausgeübte, sie finden in ihren gegenseitigen Einwirkungen auf einander keine Veranlassung sich aus der Flüssigkeit in festem Zustande auszuscheiden. Diese Auffassung stimmt auch mit der Thatsache überein, dass sie sämmtlich amorph sind, also kein Bestreben zu regelmässiger Aneinanderlagerung ihrer Theilchen erkennen lassen.

Der Zustand einer gesättigten Lösung eines krystallinischen Körpers ist also sehr ähnlich dem Zustande eines mit Dampf von irgend einer Flüssigkeit gesättigten Raumes, welcher ja ebenfalls auf der Gleichheit der in jeder Zeiteinheit ausgesendeten und wieder condensirten Dampfmengen beruht; der Unterschied zwischen beiden besteht eigentlich, ausser der Verschiedenheit der Aggregatzustände nur noch darin, dass bei der Aussendung und Condensation der Dämpfe die Beschaffenheit des etwa noch vorhandenen Mittels (Luft z. B.) gleichgültig und nicht von wesentlichem Einflusse ist, während bei der Auflösung die Molecüle der Flüssigkeit wesentlich mitwirken, und durch ihre Beschaffenheit die stattfindenden Vorgänge bedingen. Diese Vergleichung wird noch deutlicher und die Übereinstimmung noch vollkommener, wenn wir den Begriff der Lösung etwas erweitern und nicht blos für feste, sondern auch für gasförmige Körper gelten lassen;

in der That hindert uns gar nichts, die sogenannte Absorption eines Gases durch eine Flüssigkeit, wie es ohnehin öfters geschieht, eine Auflösung desselben zu nennen, und ich habe diese Begriffserweiterung früher schon stillschweigend vorausgesetzt, indem ich das Sättigungsgesetz in der für Auflösung und Absorption gleich anwendbaren Form aussprach, dass eine Flüssigkeit in Berührung mit einem fremden Körper (sei er also fest oder gasförmig) nur eine bestimmte Menge desselben und nicht mehr in den flüssigen Zustand überführen und sich damit vermischen kann. Bei der Aufnahme eines Gases durch eine Flüssigkeit lassen sich offenbar alle von Hrn. Clausius für das Verhalten der Dämpfe zu einer Flüssigkeit, aus der sie aufgestiegen sind, ausgesprochenen Anschauungen wieder anwenden, mit dem einzigen Unterschiede, dass man es hier mit den gegenseitigen Einwirkungen verschiedenartiger, statt gleichartiger Molecüle zu thun hat. Damit wird auch das Gesetz, dass die Menge des von einer Flüssigkeit absorbirten Gases nicht von dem ganzen auf der Flüssigkeit lastenden Drucke aller umgebenden Gase, sondern nur von dem Partialdrucke des zu absorbirenden Gases abhängig und zwar demselben proportional ist, unmittelbar klar; denn mit der eigenen Spannkraft eines über der Flüssigkeit befindlichen Gases wächst die Zahl der in der Raumeinheit vorhandenen Molecüle desselben, und im gleichen Verhältnisse steigert sich die Wahrscheinlichkeit des Eintreffens solcher Vorgänge, durch welche ein Gasmolecül in der Flüssigkeit festgehalten (absorbirt) wird.

Es ist klar, dass auch die Mischungen zweier Flüssigkeiten sich unter demselben Gesichtspunkte betrachten lassen, welcher für die Lösungen massgebend ist; weichen die Beschaffenheiten ihrer Molecüle in gewissen, vorläufig noch nicht näher bekannten Beziehungen nur wenig von einander ab, so verhält sich jede von ihnen zur anderen wie ein Colloid zu seinem Lösungsmittel, und sie mischen sich in jedem beliebigen Verhältnisse mit einander; im entgegengesetzten Falle, wenn die massgebenden Eigenschaften ihrer Molecüle sehr verschieden sind, verhält sich jede Flüssigkeit zur andern wie ein löslicher, krystallisirbarer, fester Körper, bei welchem das Gleichgewicht zwischen dem Auflösen und Niederschlagen der Theilchen den Sättigungszustand her-

beiführt. Zwei solche Flüssigkeiten, in einem Gefässe nach Massgabe ihrer specifischen Gewichte übereinander gelagert, verhalten sich so, dass jede von ihnen eine gewisse kleine Quantität der anderen in Lösung aufnimmt. Nimmt bei einem solchen Versuche die Gewichtseinheit einer Flüssigkeit F_1 ein Maximalgewicht p_1 von einer zweiten Flüssigkeit F_2, diese hingegen das Maximalgewicht p_2 von der ersteren auf, so müsste man sagen, wenn man eine specifische Capacität der einen Flüssigkeit für die andere annehmen wollte: die Gewichtseinheit der Flüssigkeit F_1 kann von der anderen (F_2) jede beliebige Menge (m) aufnehmen, welche entwender: $m \leqq p_1$ oder $m \geqq \frac{1}{p_2}$ ist; solche Gewichtsmengen aber, welche zwischen p_1 und $\frac{1}{p_2}$ liegen, können nicht aufgenommen werden. Wenn man auch bei sonstigen Lösungen eine begrenzte Capacität einer Flüssigkeit für fremde Molecüle annehmen wollte, so würde doch eine solche, mit einer Unterbrechung von bedeutender Ausdehnung behaftete, sonst aber unbegrenzte Capacität zu viel des Unwahrscheinlichen an sich haben.

Dass die ihrer Art nach bisher noch ganz unbestimmt gelassenen molecularen Vorgänge, welche die Auflösung bedingen, jedenfalls wesentlich von den Geschwindigkeiten der Molecüle, also von der Temperatur abhängen, ist offenbar; der Einfluss der Temperatur auf die Löslichkeits-Verhältnisse im Einzelnen aber kann erst mit der genaueren Kenntniss jener molecularen Vorgänge selbst aufgeklärt werden.

Die Entstehung und das Verhalten der übersättigten Lösungen lassen sich nach den für die gesättigten angenommenen Grundsätzen leicht erklären und stehen mit denselben in Einklang. Übersättigung einer Lösung tritt niemals während der directen Auflösung ein, weder bei festen Körpern noch bei Gasen; d. h. wenn eine noch so grosse Menge des löslichen Körpers mit einer bestimmten Menge des Lösungsmittels zusammen gebracht wird, so nimmt letzteres niemals mehr als die „normale“ Menge des ersteren auf, und zwar die letzten Antheile derselben auch schon schwer, nämlich sehr langsam. Die Übersättigung tritt immer nur, dann aber oft sehr reichlich, bei solchen Veränderun-

gen der bestehenden Verhältnisse, zu denen in erster Linie die Temperatur gehört, auf, welche das Verhältniss zwischen den in gleichen Zeiten in die Flüssigkeit eintretenden und von ihr ausscheidenden Mengen des fremden Körpers zu Ungunsten der ersteren abändern; diese Veränderungen haben zur Folge, dass die Flüssigkeit unter den neuen Umständen nicht mehr ebensoviele Theilchen des fremden Körpers aufnehmen könnte, wie sie unter den früheren Umständen aufgenommen hat; aber es ist ihr auch nicht unmöglich geworden, den Überschuss in sich zu behalten. Die Ursache, warum die Flüssigkeit unter den neuen Verhältnissen nicht mehr die ganze früher aufgenommene Menge des fremden Körpers behalten soll, liegt nicht im Innern der Flüssigkeit selbst, sondern an den Begrenzungsflächen, wo sich die Lösung und der unveränderte Antheil des in die Lösung eingegangenen Körpers berühren.

Das Ausscheiden der im Überschuss aufgelösten Theile findet demgemäss auch nicht im Innern der Flüssigkeit selbst, sondern an den Berührungsstellen eingetauchter Körper statt; die ausgeschiedenen Theile verbreiten sich nicht gleichmässig durch die ganze Flüssigkeit, sondern gruppiren sich um einzelne Mittelpunkte, seien es Krystalle, Staubtheilchen, Gasbläschen, o. dgl. und selbst dabei hat die Ausscheidung an einer Stelle nicht auch den gleichen Vorgang an allen übrigen Orten zur Folge, wie es z. B. beim Erstarren einer überkälteten Flüssigkeit der Fall ist; es bedarf vielmehr einer längeren Zeit oder einer durch bewegen, schütteln, u. s. w. vermittelten innigen Berührung aller Theile der Lösung mit dem „Fällungsmittel", um wirklich die Übersättigung aufzuheben. Es ist wohl einzusehen, dass dieses Fällungsmittel, der das Ausscheiden der überschüssig gelösten Theilchen bewirkende Körper, nicht gerade die gelöste Substanz selbst zu sein braucht, dass er aber ähnliche Wirkungen ausüben, also in gewissen Beziehungen ähnliche oder übereinstimmende Molecülar-Eigenschaften haben muss. Es ist also nicht zu verwundern, wenn in manchen Fällen die Reduction einer übersättigten Lösung durch einen dritten Körper von dem Material und der sonstigen Beschaffenheit desselben abhängig und mit demselben veränderlich ist.

Über den Nachweis giftiger Pflanzenstoffe bei forensischen Untersuchungen.

Von Dr. **Josef Nowak.**

I.

Wie vielfachen Schwierigkeiten man bei der Aufsuchung organischer Gifte in Gemengen mit anderen Substanzen begegnet, zeigt der Reichthum an verschiedenartigen Vorschlägen, welche auf die Ermittlung organischer Gifte Bezug nehmen, zeigt das stetig wiederkehrende Streben der Forscher auf dem Gebiete der gerichtlichen Chemie durch zweckentsprechende Modificationen der bereits bekannten Verfahren, durch Auffindung neuer Reactionen auf giftige Pflanzenstoffe und durch das Studium der Löslichkeitsverhältnisse derselben, die Mängel der gewöhnlich benützten Methoden zu beseitigen, die Lücken derselben auszufüllen.

Die günstigen Resultate, welche ich durch die Art und Weise erzielte, die ich bei Aufsuchung organischer Gifte in Gemischen, wie sie bei forensischen Untersuchungen vorliegen, einschlug, bestimmten mich zur Veröffentlichung der in dieser Beziehung von mir gemachten Erfahrungen. Alle jene Vorschläge, nach welchen die giftigen organischen Verbindungen durch Fällungsmittel von den sie begleitenden Stoffen gesondert werden sollten, haben keinen Anklang gefunden. Man überzeugte sich bald, dass auf diese Weise nur eine beschränkte Zahl organischer Gifte nachweisbar sei, und dass durch die hiebei auszuführenden Manipulationen sehr leicht weitgehende Zersetzungen der aufzusuchenden Substanz eintreten können. Dagegen erkannte man immer mehr die Zweckmässigkeit und das Erfolgreiche des Strebens, durch Aufsuchung geeigneter Lösungsmittel Behelfe zu finden, durch welche die organischen

Gifte von den in gerichtlichen Untersuchungsobjecten vorkommenden Beimengungen isolirt werden könnten. Als derartige Lösungsmittel sind Äther, Amylalkohol, Essigäther, Chloroform, Benzol, Petroleumäther, Carbolsäure(!) u. s. w. anempfohlen worden.

Die Anforderungen, welche man an diese Lösungs- und Trennungsmittel und an einen mit Hilfe derselben aufzustellenden systematischen Gang zur Auffindung giftiger organischer Verbindungen in gerichtlichen Untersuchungsobjecten stellen muss, sind mannigfach.

Das einzuschlagende Verfahren soll vorerst eine allgemeine Brauchbarkeit haben, d. h. alle hieher gehörigen Gifte nachweisen lassen. Weiter muss das Gift dort, wo es vorkommt, zuverlässlich und möglichst vollständig abgeschieden werden, da, wie bekannt, oft sehr geringe Mengen dieser Substanzen hinreichen, den Tod herbeizuführen, und manche derselben sehr rasch im Körper sich verbreiten; endlich muss das Gift rein und unzersetzt erhalten werden, damit man mit dem gewonnenen Untersuchungsmateriale die nöthigen Identitätsreactionen anstellen könne.

Diesen Anforderungen zu entsprechen, sind die chemischen und physikalischen Eigenschaften der verschiedenen in Vorschlag gebrachten Mittel nicht in gleichem Masse günstig. Der Äther und Essigäther vermag nur eine kleine Zahl organischer Gifte aufzunehmen; auch ist die Löslichkeit in Wasser dem Gebrauche dieser Flüssigkeiten als Ausschüttlungsmittel für Pflanzengifte hinderlich. Für die Anwendung des Amylalkohols spricht der Vortheil, dass sämmtliche hieher gehörigen Gifte von demselben leicht und sicher aufgenommen werden können. Dagegen ist die Leichtigkeit, mit welcher der Amylalkohol auch die fremdartigen Beimengungen aufzunehmen und hiedurch die unumgänglich nothwendige Reinigung der aufzusuchenden Substanzen zu erschweren vermag; weiter der höhere Temperatursgrad, der zum Verdampfen desselben nothwendig ist, sowie der Umstand, dass erst nach längerer Zeit ein Abheben desselben von der wässerigen Flüssigkeit möglich wird, von grossem Nachtheil. Unter dem Namen Benzin kommen Producte im Handel vor, welche bei der Destillation

des Steinöls gewonnen, oft nur sehr geringe Mengen jener Körper enthalten, welche der Chemiker als Benzol und dessen Homologe bezeichnet. Polymere Kohlenwasserstoffe anderer Reihen sind die vorwiegenden, der Menge nach wechselnden Bestandtheile der diesen Namen führenden Handelsware. Für forensische Arbeiten ist es aber unbedingt nothwendig, das anzuwendende Lösungsmittel von stets gleicher Zusammensetzung zu haben, denn nur so lange weiss man, welche Leistungsfähigkeit das gewählte Mittel besitzt, nur so lange kann man zu der mit Hilfe desselben auszuführenden Arbeit volles Vertrauen haben. Auch können beim Verdunsten eines solchen käuflichen Benzols sehr leicht Oxydationen auftreten und zur Bildung von nicht oder schwer flüchtigen Substanzen Anlass geben, welche die später vorzunehmenden Reactionen auf die Alkaloide in störender Weise beeinflussen können. Die Darstellung des reinen krystallisirbaren Benzols aus der Handelsware unterliegt aber schon deshalb Schwierigkeiten, weil, so weit meine mehrfachen Erfahrungen mich lehrten, das reine Benzol nur einen untergeordneten Bestandtheil in dem wenigstens am hiesigen Platze käuflichen Benzin bildet, ja darin oft gänzlich fehlt.

Dagegen sind die Eigenschaften des Chloroforms der Verwendung dieser Flüssigkeit als Lösungs- und Trennungsmittel für Pflanzengifte sehr günstig. Das hohe specifische Gewicht und die höchst minimale Löslichkeit des Chloroforms in Wasser ermöglicht eine leichte mechanische Trennung desselben von der wässerigen Flüssigkeit. Der niedere Siedepunkt gestattet das Lösungsmittel von dem gelösten Körper bei Temperaturen zu trennen, bei welchen weder eine Verflüchtigung noch eine Zersetzung der gelösten Substanz zu besorgen ist. Auch der Umstand, dass das Chloroform rein und leicht überall verschaffbar ist, und dass es durch die vorzunehmenden Operationen keine Veränderung erleidet, die eine störende Wirkung auf die nachfolgenden Reactionen hervorbringen könnte, fällt hier ins Gewicht.

Das Chloroform wurde zuerst von Rodgers und Girdwood einzig und allein zur Ermittlung von Strychnin angewendet. Später wurde es mehrfach zum Nachweise einzelner

anderer Alkaloide empfohlen; dagegen ist die Frage, in wie weit das für die Zwecke der Isolirung der organischen Gifte mit so vorzüglichen Eigenschaften begabte Chloroform eine allgemeine Verwendbarkeit bei der Aufsuchung der hieher gehörigen Körper finden könne, bisher nur von Prof. Schneider ventilirt worden.

Ich habe deshalb vielfache Ausschüttlungsversuche mit Chloroform ausgeführt und dieselben auf alle jene chemisch näher studierten Pflanzenstoffe ausgedehnt, welche entweder wegen ihrer toxischen Eigenschaften oder wegen ihrer medicinischen Anwendung hier in Betracht kommen müssen, ohne Rücksicht darauf zu nehmen, ob dieselben vom chemischen Standpunkte zu den Alkaloiden oder zu anderen Gruppen organischer Verbindungen gerechnet werden.

Diese Versuche lehrten:

Aus der schwefelsauren Lösung wandern beim wiederholten Schütteln mit Chloroform in dasselbe allmälig nachfolgende Substanzen über: Caffeïn, Theobromin, Colchicin, Thebaïn, Papaverin, Narkotin und Pikrotoxin.

Der alkalisch gemachten Lösung entzieht Chloroform rasch und vollständig schon in der Kälte: Strychnin, Chinin, Chinidin, Cinchonin, Caffeïn, Theobromin, Emetin, Atropin, Hyoscyamin, Aconitin, Veratrin, Physostygmin, Narkotin, Kodeïn, Thebain, Nicotin und Coniin. Etwas langsamer wird Brucin, Colchicin und Papaverin, erst in der Wärme Sabadillin, und in geringer Menge Narceïn aus alkalischer Lösung aufgenommen.

Morphin und Solanin gehen weder aus saurer noch aus alkalischer Lösung ins Chloroform über.

Um nun diese Ergebnisse für die Aufstellung eines mit Hilfe des Chloroforms auszuführenden methodischen Verfahrens, durch welches nebst der Abscheidung der Gifte auch die gleichzeitige Reindarstellung derselben, welche zur Vornahme der Identitätsreactionen unumgänglich nothwendig ist, in expediter Weise erzielt werden soll, praktisch zu verwerthen, wollte ich mir auch darüber Aufschluss verschaffen, ob das die Gifte gelöst enthaltende Chloroform beim Schütteln mit (schwe-

fel-)saurem Wasser sich analog verhalte, wie der Äther beim Stass'schen Verfahren.

In dieser Richtung angestellte Versuche zeigten, dass durch mehrmaliges Schütteln mit saurem Wasser dem Chloroform alle jene Substanzen, welche aus der wässerig alkalischen Flüssigkeit ins Chloroform wandern, entweder vollständig oder nahezu vollständig (beim Caffeïn, Theobromin, Narkotin und Papaverin blieben etwa 2 Proc., beim Colchicin 5 Proc. im Chloroform zurück) entzogen, während die fremdartigen fettigen und sonstigen Beimengungen vom Chloroform zurückgehalten werden.

Bezüglich des Digitalin muss ich noch erwähnen, dass das zu den Ausschüttlungsversuchen benützte Präparat (von E. Merck in Darmstadt bezogen) ein Gemenge verschiedener Substanzen zu sein schien. Selbst nach wiederholten Ausschüttlungen wanderte nur ein Theil desselben (etwa die Hälfte) aus alkalisch gemachter Lösung ins Chloroform, der Rest wurde vom Amylalkohol leicht aufgenommen. Durch Schütteln mit schwefelsaurem Wasser konnte ich der Chloroformlösung keine wägbare Menge des gelösten Körpers entziehen. Dagegen vermochte ich durch Vermengen des Chloroforms mit Eisessig und nachherigem Zusatz von so viel Wasser, als zur vollständigen Wiederabscheidung des Chloroforms nothwendig war, in die wässerige essigsaure Lösung einen deutlich krystallisirbaren Körper überzuführen, welcher sehr elegante, reine Reactionen mit Schwefelsäure und Bromwasser lieferte, die sich durch die Farbe und die ganze Art ihres Auftretens wesentlich von jenen unterschieden, welche das zum Versuch benützte Präparat an und für sich, sowie der in Chloroform zurückbleibende, in die essigsaure Lösung nicht überführbare, als auch der in den Amylalkohol übergegangene Rest mit diesen Reagentien gab. Diese Substanz, in mit freiem Auge sichtbaren Nadeln krystallisirend, wurde durch Schwefelsäure sogleich hellroth gefärbt und dann mit gleicher Farbe gelöst. Bromdampf rief in dieser Lösung sofort eine schön rein violette Färbung hervor. Der nachherige Zusatz von Wasser bewirkte, dass die Flüssigkeit sich mattgrün färbte, ohne dass ein grünflockiger Körper zur Ausscheidung kam. Der in Chloroform verbliebene, nicht

krystallisationsfähige, und der vom Amylalkohol aufgenommene Theil des zum Versuche genommenen Digitalinpräparates färbte sich hingegen beim Zusatz von concentrirter Schwefelsäure zuerst dunkelbraun (umbrafärbig) und später röthlichbraun. Die schwefelsaure Lösung wurde durch Bromdampf rothbraun. Ein Zusatz von Wasser schied grüne Flocken ab.

II.

Auf Grundlage dieser Erfahrungen wurde nun der nachfolgende systematische Gang zur Aufsuchung giftiger Pflanzenstoffe eingeschlagen.

Die zu untersuchenden Objecte werden zerschnitten, mit schwefelsäurehaltigem Wasser versetzt, bis auf 75° C. erwärmt; die Lösung wird warm colirt, der ungelöste Rückstand abgepresst und wiederholt mit warmem Wasser ausgezogen. Die so erhaltenen sauren Colaturen werden mit doppelt kohlensaurem Natron bis zur schwach sauren Reaction abgestumpft und dann am Wasserbade in flachen Schalen bis zum dünnen Syrup verdunstet. Dieser wird mit seinem vierfachen Volum 90percentigen Alkohols vermengt, nach 24 Stunden auf 40—50° erwärmt, abfiltrirt und der Filterrückstand mit Alkohol ausgezogen. Von den gesammelten alkoholischen Auszügen wird der Weingeist vollständig abdestillirt. Der Destillationsrückstand wird filtrirt und das Filtrat in einen Scheidetrichter gebracht. Hiezu eignen sich am zweckmässigsten solche, welche ballonförmig aufgeblasen sind, deren Eingussöffnung mit einem Glasstöpsel luftdicht verschlossen werden kann, und die am Ablaufrohr mit einem vollkommen gut schliessenden Glashahn versehen sind. Alle auszuführenden Operationen des Ausziehens, Fällens, Waschens u. s. w. lassen sich in diesen Ballons vornehmen. Zu dem im Scheidetrichter befindlichen Inhalt wird zuerst Chloroform und dann Ammoniak bis zur deutlich alkalischen Reaction gebracht. Es wird sofort wiederholt geschüttelt. Die Chloroformlösung wird getrennt und die alkalische Flüssigkeit mit neuen Portionen von Chloroform so lange ausgezogen, bis eine abgehobene Portion, ohne Rückstand zu lassen, verdampft. Die alkalische Flüssigkeit wird indessen zur Seite gestellt und die sämmt-

lichen Chloroformlösungen werden mehreremal mit neuen Portionen schwefelsäurehältigen Wassers geschüttelt. Das Chloroform wird von dem schwefelsauren Wasser getrennt, letzteres mit Ammoniak übersättigt und sodann einigemal mit Chloroform geschüttelt. Die nun erhaltene Chloroformlösung wird durch ein mit Chloroform angenetztes Filter filtrirt, mit Chloroform nachgewaschen und verdunstet. Ein hiebei verbleibender Rückstand wird auf alle jene Alkaloide geprüft, welche, wie oben erwähnt, aus alkalischer Lösung durch Chloroform ausgezogen werden. Die zur Seite gestellte alkalisch wässerige Flüssigkeit wird mit neuem Chloroform und mit verdünnter Schwefelsäure bis zur sauren Reaction versetzt und geschüttelt. Das Chloroform wird getrennt und verdunstet. Etwa vorhandenes Pikrotoxin und Reste des Colchicins werden im Rückstand bleiben.

Wird die jetzt sauer reagirende wässerige Flüssigkeit mit Amylalkohol überschichtet, mit Ammoniak alkalisch gemacht und geschüttelt, der Amylalkohol abgehoben, filtrirt und verdampft, so wird man nach dem Verdunsten allfällig vorhandenes Morphin, Digitalin und Solanin und den grösseren Theil der Reste des Sabadillins, Narceins und Pikrotoxins auffinden.

Im Falle, als in den Verdunstungsrückständen Narkotin, Papaverin, Theobromin, Caffeïn, Colchicin oder Digitalin gefunden wurde, lassen sich noch die geringen fehlenden Mengen des Papaverin, Narkotin, Caffeïn, Theobromin und Colchicin, sowie ein nicht unbeträchtlicher Theil des Digitalin im ersten Chloroformauszuge aufsuchen. Derselbe wird verdunstet, der Rückstand wiederholt mit warmem schwefelsäurehältigem Wasser ausgezogen, die saure Flüssigkeit mit Ammoniak übersättigt und mit Chloroform ausgeschüttelt. Die Reste der genannten Substanzen bleiben beim Verdampfen des Chloroforms zurück.

Um die Brauchbarkeit dieser Methode durch praktische Versuche zu erproben, habe ich in Gemeinschaft mit den Herren Gruber, Genser, v. Reuss und Heinrich gewogene Mengen verschiedener Gifte in zweckmässig gewählte Leichentheile (Magen- und Darminhalt, Leber, Blut u. s. w.) vermengt und in der angegebenen Weise aufgesucht. Die hiebei erhaltenen Resultate sind aus nachfolgender Tabelle ersichtlich. Die zu diesen Versuchen benützten Substanzen waren sämmtlich von

der Firma E. Merck bezogene Präparate. Das den letzten Verdunstungsrückständen mehr weniger hartnäckig anhaftende Chloroform wurde mittelst der Luftpumpe weggebracht.

Name der giftigen Verbindung	Die mit Leichentheilen vermengte Menge in Grm.	Die gefundene Menge		Anmerkung
		in Grm.	in Proc.	
Chinin.......	0·050	0·049	98	
Chinidin	0·050	0·048	96	
Cinchonin...	0·050	0·048	96	
Strychnin ...	0·050	0·047	94	Blieb durch 8 Tage mit den Leichentheilen in Berührung und wurde erst dann in Arbeit genommen.
Brucin......	0·022	0·022	100	
Caffeïn......	0·026	0·025	97	
Theobromin .	0·020	0·0195	98	
Emetin	0·035	0·035	100	Blieb durch 6 Tage mit den Leichentheilen in Berührung und wurde erst dann in Arbeit genommen.
Atropin	0·031	0·030	97	
Hyoscyamin .	0·025	0·020	80	Das zum Versuch verwendete Präparat war nicht krystallisirt.
Aconitin	0·028	0·025	89	
Veratrin	0·051	0·049	96	Blieb durch 6 Tage mit den Leichentheilen in Berührung und wurde erst dann in Arbeit genommen.
Sabadillin ...	0·046	0·038	82	
Morphin	0·060	0·057	95	
Narkotin	0·050	0·045	90	
Papaverin...	0·033	0·026	78	Blieb durch 13 Tage mit Leichentheilen in Berührung und wurde erst dann in Arbeit genommen.
Thebaïn	0·016	0·015	93	
Kodeïn	0·025	0·023	92	
Narceïn.....	0·035	0·021	60	Der grösste Theil wurde im Amylalkohol gefunden.
Delphinin ...	0·017	0·017	100	
Colchicin ...	0·050	0·035	70	
Digitalin....	0·035	0·029	80	Der grösste Theil wurde im Amylalkohol gefunden.
Pikrotoxin ..	0·096	0·083	80	Ausserdem war noch eine Spur im Amylalkohol nachweisbar.
Solanin	0·040	0·049	—	

Die aus dieser Tabelle ersichtlichen Ergebnisse unserer Versuche zeigen, dass in vielen Fällen die ganze Menge des den Leichentheilen zugesetzten Körpers, in den meisten der grösste Theil desselben, und nur einmal (Narceïn) etwa die Hälfte der aufzusuchenden Substanz wieder gefunden wurde.

Die erhaltenen Resultate befriedigten aber insbesondere des hohen Grades von Reinheit wegen, welchen die aus Chloroform wiedergewonnenen Substanzen zeigten. Jene Körper, zu deren Aufnahme der Amylalkohol bestimmt ist, waren in Folge der vorhergegangenen mehrmaligen Ausschüttlungen der alkalischen und sauren wässerigen Flüssigkeit mit Chloroform so weit von den fremdartigen Beimengungen befreit worden, dass an denselben meistens sofort die Identitätsreactionen vorgenommen werden konnten. Kleine Mengen fettiger und färbender Verunreinigungen hafteten denselben aber immer an und konnten nur durch wiederholtes Überführen in wässerige Lösung und aus dieser in den Amylalkohol allmälig entfernt werden. Durch das Vorgehen nach der oben beschriebenen Weise ist aber der Gebrauch des Amylalkohols nur auf eine sehr kleine Zahl organischer Gifte beschränkt, für welche bis jetzt kein passenderes Lösungsmittel gefunden wurde.

III.

Bei der Wahl von Reagentien, durch welche die isolirte Substanz ihrer Natur nach unzweideutig erkannt werden soll, handelt es sich zumeist darum, mit den kleinsten Mengen des vorliegenden Untersuchungsmaterials dieses Ziel zu erreichen. Ein Jeder, der Gelegenheit hatte, bei gerichtlichen Untersuchungen auf Alkaloide zu prüfen, wird erfahren haben, dass man wirklich nur minimale Mengen zu den verschiedenen Reactionsproben zur Verfügung hat, und wie sehr man mit dem gewonnenen Untersuchungsmateriale sparen müsse. Die anzuwendenden Reagenzmittel müssen demnach einerseits sehr empfindliche und andererseits für die einzelnen hier in Betracht kommenden Substanzen charakteristische Erscheinungen hervorrufen. Diesen Anforderungen kann man durch Anwendung

von concentrirter Schwefelsäure unter Zuhilfenahme einiger weniger anderen Reagentien leicht entsprechen.

Von der gewonnenen giftigen Substanz wird eine kleine Menge auf ein Uhrglas gebracht, dieses auf eine rein weisse Unterlage gestellt und ein bis zwei Tropfen chemisch reiner Schwefelsäure zugefügt. Man beobachtet die hiebei sogleich auftretenden Veränderungen, wobei nachfolgende Fälle möglich sind, durch welche die hier in Betracht kommenden Körper in sechs Gruppen zerfallen.

1. Die Substanz bleibt farblos: Chinin, Cinchonin, Morphin, Strychnin, Caffeïn, Theobromin, Codeïn (Coniin und Nicotin), Atropin.

2. Es tritt eine gelbe, verschieden nüancirte Färbung ein: Chinidin, Colchicin, Emetin, Narcotin, Aconitin, Pikrotoxin, Solanin, Veratrin und Sabadillin.

3. Die Substanz wird rosaroth: Brucin.

4. Die Substanz färbt sich anfangs roth, wird alsbald mit gelber Farbe gelöst: Thebaïn.

5. Es tritt eine violette Färbung auf: Papaverin[1].

6. Braune Färbungen geben: Delphinin, Narceïn und Digitalin.

Ad 1. Man gibt einen Krystall von Chromsäure zur schwefelsauren Lösung. Ist Strychnin vorhanden, so entwickelt sich von der Peripherie dieses Kryställchens die bekannte blaue, allmälig purpurroth werdende Färbung. Beim Neigen des Uhrglases werden eben so gefärbte Streifen sichtbar. In allen übrigen Fällen tritt eine in verschiedenartigen Farbenabstufungen sich entwickelnde, nicht charakteristische grüne Färbung auf.

Eine neue Probe der zu prüfenden Substanz wird nach Zusatz von Chlorwasser zur Trockene am Wasserbade eingedampft. Der Eindampfrückstand bietet bei Morphin, Cinchonin und Atropin nichts charakteristisches, ist hingegen bei Chinin grünlich, bei Caffeïn und Theobromin roth und bei Codeïn gelb. Wird dieser Trockenrückstand etwas befeuchtet und eine Spur Ammon zugefügt, so entsteht bei Morphin eine hellbraune, bei

---

[1] Ich habe keine Erfahrungen über jene Sorte von Papaverin, welche, wie Hesse sagt, mit Schwefelsäure farblos bleibt.

Caffeïn und Theobromin eine purpurviolette, bei Codeïn eine schön rothbraune und bei Chinin eine stark grüne Färbung. Bei Cinchonin beobachtet man die Ausscheidung eines weissen Körpers, bei Atropin tritt keine auffällige Veränderung auf. Durch diese Reactionen wird man bereits in der Lage sein, mit grosser Wahrscheinlichkeit das zur Untersuchung vorliegende Glied der Gruppe zu erkennen. Man wird deshalb mit dem noch übrigen Untersuchungsmaterial zunächst jene Reactionen vornehmen, welche für die vermuthete Substanz charakteristisch sind. Von den in dieser Beziehung bekannten Reactionen eignet sich auf Morphin die mit Eisenchlorid, welches in neutralen Salzlösungen dieser Base die bekannte blaue Färbung hervorruft. Codeïn mit Schwefelsäure zusammengebracht, welche eine kleine Menge von Salpetersäure enthält, gibt eine anfangs kirschrothe, allmälig blutroth und schliesslich orange gefärbte Lösung. Caffeïn und Theobromin, welche gegen Chlorwasserammoniak sich ganz gleich verhalten, aber dadurch als solche hinlänglich charakterisirt werden, unterscheiden sich von einander schon dadurch, dass Caffeïn beim Verdunsten des Chloroforms stets in langen nadelförmigen Krystallen, das Theobromin in pulveriger Form erhalten wird. Für Atropin, das bei 95° C. schmilzt, empfiehlt sich als bestätigende Reaction am besten das physiologische Experiment. Lösungen des Chinins in verdünnter Schwefelsäure fluoresciren (Cinchoninlösungen nicht[1].

Ad 2. Die Körper dieser Gruppe lassen sich in zwei Unterabtheilungen scheiden: in solche, bei welchen die gelbe Färbung eine andauernde oder wenigstens durch längere Zeit anhaltende ist (Chinidin, Narkotin, Colchicin, Emetin, Aconitin, Solanin und Pikrotoxin), und in solche, bei welchen sie nur im Anfang auftretend, sich schon nach wenigen Minuten in ein deutliches Violettroth umwandelt.

Bei den Substanzen der ersten Untergruppe sind folgende Fälle möglich. Die Färbung ist schwach strohgelb — Chinidin, hellgelb — Narkotin, grüngelb — Colchicin, schmutzig bräun-

[1] Coniin und Nicotin sind durch ihre ölige Beschaffenheit, durch ihre Flüchtigkeit in höheren Temperaturen und durch ihren charakteristischen Geruch erkennbar.

lich gelb — Emetin, gelbbraun — Aconitin, orange — Solanin und Pikrotoxin. Werden diese Substanzen mit der Schwefelsäure fünf Minuten lang am Wasserbade erhitzt, so tritt keine wesentliche Veränderung beim Chinidin und Emetin (dieses wird höchstens ganz wenig dunkler) ein, dagegen wird die Lösung bei Narkotin anfangs röthlich, später violett, beim Colchicin braun, beim Aconitin und Pikrotoxin rothbraun und bei Solanin himbeerroth.

Schon durch dieses Verhalten wird man leicht im Stande sein, die in diese Gruppe gehörenden Körper ihrer Natur nach zu erkennen. Als bestätigende und charakteristische Reactionen empfehlen sich für diese Substanzen nachfolgende: Chinidinlösungen mit Chlorwasser versetzt scheiden nach Zusatz von Ammoniak grüne Flocken ab, die sich im Überschuss von Ammoniak mit smaragdgrüner Farbe lösen. Narkotin gibt mit salpetersäurehaltiger Schwefelsäure eine tiefrothe, Colchicin eine schön violette Färbung. Für Emetin fehlt ein gutes Specialreagens. Noch am dienlichsten ist heisse Salzsäure, die nebst einem Tropfen Bleichkalklösung zu Emetin gefügt einen orangegelben Niederschlag gibt, der durch mehr Bleichkalklösung zu einer intensiv zwiebelrothen Flüssigkeit gelöst wird. Das physiologische Experiment ist bei dieser Substanz nicht zu unterlassen. Aconitin wird beim vorsichtigen Erwärmen mit Phosphorsäure allmälig röthlich, und dann, unter sorgfältigem Umrühren behutsam weiter erhitzt, violett. Pikrotoxin reducirt eine alkalische Kupferlösung schon in der Kälte, rascher beim Erwärmen. Beim Solanin ist es höchst charakteristisch, dass, wenn es in wenig warmem Weingeist oder Amylalkohol gelöst wird, diese Lösung beim Erkalten zu einer dicken Gallerte erstarrt.

Hat sich die anfangs gelbe Lösung allmälig ins Purpurrothe umgewandelt, so deutet das auf die Anwesenheit von Veratrin oder Sabadillin. Bei dem letzteren Körper entwickelt sich die bläulichrothe Färbung rasch, bei Veratrin findet ein langsamer Farbenwechsel aus gelb in roth und schliesslich violett statt. Auch wird Sabadillin von Chloroform schwierig und erst in der Wärme vollständig, Veratrin schon in der Kälte leicht gelöst. Beide Substanzen mit concentrirter Salzsäure erwärmt,

geben eine blaurothe Lösung, in der Zinnchlorür einen veilchenblauen Niederschlag bewirkt.

Ad 3. Eine rosenrothe Färbung weist auf Brucin. Setzt man der schwefelsauren Lösung einen Tropfen Salpetersäure zu, so tritt eine intensiv zwiebelrothe Färbung auf, die nach Zusatz von Zinnchlorür ins violette übergeht.

Ad 4. Das Thebaïn ist schon durch seine Schwefelsäurereaction hinlänglich charakterisirt; andere unterscheidende und charakteristische Reactionen fehlen.

Ad 5. Auch das Papaverin ist schon durch die Schwefelsäurereaction leicht erkennbar. Sie besteht in einer tief violettblauen Färbung, welche langsam verblasst. Eine Spur Salpetersäure ist darauf ohne Einfluss, mehr Salpetersäure erhöht anfänglich den Farbenton, der dann bald in orange und schmutziggelb umschlägt.

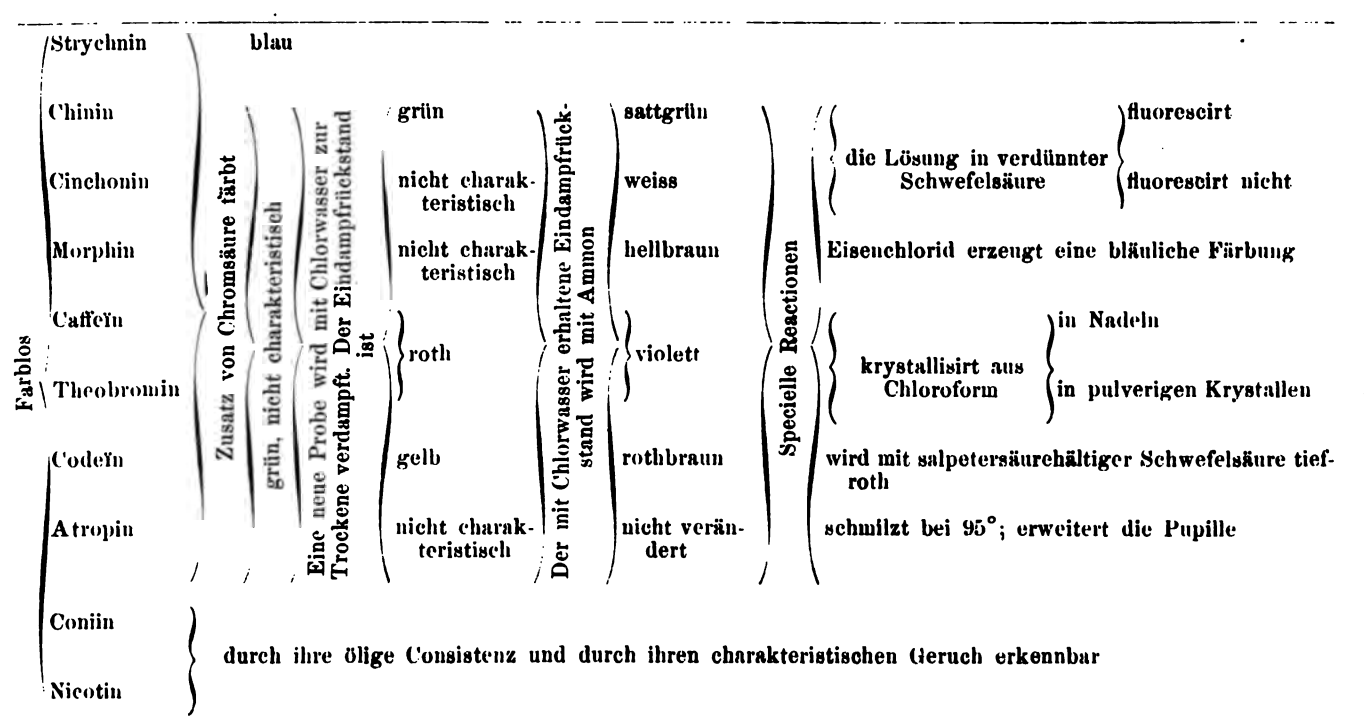
Ad 6. Die braunen Färbungen, welche Digitalin, Delphinin und Narceïn mit Schwefelsäure geben, unterscheiden sich schon durch die Nuancirung. In welcher Weise die Reaction bei Digitalin auftritt, ist bereits oben besprochen worden; Delphinin wird durch Schwefelsäure bleibend hellbraun. Narceïn, anfangs braun, löst sich allmählig mit gelber Farbe auf. Kommt die schwefelsaure Lösung dieser drei Körper mit Bromdampf zusammen, so gibt Digitalin die oben erwähnten Reactionen, Delphinin wird hiebei anfangs hellblutroth, später braun, Narceïn entfärbt sich ganz.

In nachfolgender Tabelle sind die eben besprochenen Identitätsreactionen der besseren Übersicht wegen schematisch zusammengestellt[1].

---

[1] Da ich mir bis jetzt kein reines (krystallisirbares) Hyoscyanin und Porphyroxin und keine ausreichenden Mengen von Physostigmin verschaffen konnte, habe ich die Reactionsverhältnisse dieser drei Körper in diese Versuchsreihe nicht aufgenommen.

Concentrirte Schwefelsäure löst die Substanz:



	Substanz	Zusatz von Chromsäure färbt	Eine neue Probe wird mit Chlorwasser zur Trockene verdampft. Der Eindampfrückstand ist	Der mit Chlorwasser erhaltene Eindampfrückstand wird mit Ammon	Specielle Reactionen
Farblos	Strychnin	blau			
Farblos	Chinin	grün, nicht charakteristisch	grün	sattgrün	die Lösung in verdünnter Schwefelsäure fluorescirt
Farblos	Cinchonin	grün, nicht charakteristisch	nicht charakteristisch	weiss	die Lösung in verdünnter Schwefelsäure fluorescirt nicht
Farblos	Morphin	grün, nicht charakteristisch	nicht charakteristisch	hellbraun	Eisenchlorid erzeugt eine bläuliche Färbung
Farblos	Caffeïn	grün, nicht charakteristisch	roth	violett	krystallisirt aus Chloroform in Nadeln
Farblos	Theobromin	grün, nicht charakteristisch	roth	violett	krystallisirt aus Chloroform in pulverigen Krystallen
Farblos	Codeïn	grün, nicht charakteristisch	gelb	rothbraun	wird mit salpetersäurehältiger Schwefelsäure tiefroth
Farblos	Atropin	grün, nicht charakteristisch	nicht charakteristisch	nicht verändert	schmilzt bei 95°; erweitert die Pupille
Farblos	Coniin	durch ihre ölige Consistenz und durch ihren charakteristischen Geruch erkennbar			
Farblos	Nicotin	durch ihre ölige Consistenz und durch ihren charakteristischen Geruch erkennbar			

Concentrirte Schwefelsäure löst die Substanz:

gelb bleibend	Chinidin	schwach strohgelb	beim Erwärmen am Wasserbade wird die Farbe nicht verändert	Specielle Reactionen: mit Chlorwasser-Ammon grüne Flocken.
gelb bleibend	Narkotin	hellgelb	anfangs röthlich, später violett	mit salpetersäure-hältiger Schwefelsäure tief rothe Färbung
gelb bleibend	Colchicin	grüngelb	braun	mit salpetersäure-hältiger Schwefelsäure violette Färbung
gelb bleibend	Aconitin	braungelb	rothbraun	Phosphorsäure erzeugt beim Erwärmen rothe Färbung
gelb bleibend	Emetin	schmutzig bläulich gelb	nicht verändert	mit heisser Salzsäure und einem Tropfen Bleichkalklösung orange Flocken
gelb bleibend	Solanin	orange	rothbraun	die Lösung in Amyl- und Äthylalkohol gelatinirt in der Kälte
gelb bleibend	Pikrotoxin	orange	himbeerroth	reducirt alkalische Kupferlösung
gelb allmälig in Roth umschlagend	Sabadillin	die gelbe Farbe verwandelt sich rasch in blauroth	concentrirte heisse Salzsäure gibt bei beiden eine blaurothe Lösung	Chloroform löst vollständig erst in der Wärme
gelb allmälig in Roth umschlagend	Veratrin	die gelbe Farbe geht zuerst in orange und dann allmälig in bläulich roth über	concentrirte heisse Salzsäure gibt bei beiden eine blaurothe Lösung	Chloroform löst leicht schon in der Kälte

Concentrirte Schwefelsäure löst die Substanz:

rosa-roth	Brucin: spec. Reaction: Salpetersäure erzeugt eine zwiebelrothe Lösung, die durch Zinnchlorür violett wird		
anfangs roth, dann gelb	Thebaïn		
violett blau	Papaverin: ein grösserer Zusatz von Salpetersäure zur schwefelsauren Lösung erhöht anfangs den Farbenton, der dann bald in orange und schmutziggelb umschlägt		
braun	Digitalin umbrafärbig	kommt die schwefelsaure Lösung mit Bromdampf zusammen, wird die Lösung	violett oder rothbraun
	Delphinin hellbraun		anfangs hellblutroth, später braun
	Narceïn anfangs braun, sehr bald gelb		entfärbt.

Über die Eigenschaften der Schwingungen eines Systems von Punkten.

Von dem w. M. J. Stefan.

Die schwingende Bewegung einer gespannten Saite oder eines elastischen Stabes lässt sich, insofern ihre Gesetze durch lineare Differentialgleichungen bestimmt sind, bekanntlich darstellen als eine Summe von unendlich vielen einfachen Schwingungen. Für die transversale oder longitudinale Verschiebung σ eines Punktes erhält man Formeln von der Gestalt

$$\sigma = X(a\cos\mu t + b\sin\mu t) + X'(a'\cos\mu' t + b'\sin\mu' t) + \dots \quad (a)$$

μ, μ', μ'',... bedeuten die mit 2π multiplicirten Schwingungszahlen der einfachen Schwingungen und sind die Wurzeln einer transcendenten aus den Grenzbedingungen sich ergebenden Gleichung.

Der Coëfficient X ist eine durch die Differentialgleichung der Bewegung und durch die Bedingungen an den Grenzen vollständig bestimmte Function der Abscisse x des Punktes, dessen Verschiebung durch σ ausgedrückt ist. X ist auch abhängig von μ und gehen X', X'',... aus X hervor, wenn in dieses statt μ die anderen Wurzelwerthe μ', μ'',... eingeführt werden.

Die Constanten a, b, a', b',... können aus den für $t = 0$ gegebenen Verschiebungen und Geschwindigkeiten der einzelnen Punkte des schwingenden Körpers bestimmt werden, und zwar in allen Fällen nach ein und derselben Methode.

Die Functionen X, X',... haben nämlich die Eigenschaft, dass das Product aus je zwei verschiedenen von ihnen über alle Punkte der Saite oder des Stabes summirt verschwindet, dass also, unter l die Länge der Saite oder des Stabes verstanden,

$$\int_0^l XX'dx = 0 \qquad (b)$$

ist, wodurch die Isolirung und Bestimmung jeder einzelnen der Constanten möglich wird.

In dem Falle der Schwingungen von Saiten sind X, X', X'',... die Sinus der Bögen $\frac{\pi x}{l}$, $\frac{2\pi x}{l}$, $\frac{3\pi x}{l}$,... und hat diese Eigenschaft derselben zuerst Lagrange bei seinen Untersuchungen über die Schwingungen einer linearen Punktreihe nachgewiesen und zur Bestimmung der Constanten benützt, später Fourier zur Entwicklung der Functionen in periodische Reihen in Anwendung gebracht.

In dem Falle der longitudinalen Schwingungen eines elastischen Stabes ist X ein Sinus oder Cosinus je nach den für die Enden des Stabes gegebenen Bedingungen.

Hingegen ist für den Fall der transversalen Schwingungen eines elastischen Stabes X ein viergliedriger, aus periodischen und exponentiellen Functionen zusammengesetzter Ausdruck, und derselben Art auch die Gleichung, deren Wurzeln μ, μ',... sind. Auch diese Functionen X, X',... besitzen die durch die Gleichung (b) ausgedrückte Eigenschaft, wie von Poisson bewiesen worden.

Für die transversalen Schwingungen einer gespannten kreisförmigen Membran findet man unter der Voraussetzung, dass die Verschiebung σ jedes Punktes nur von seiner Entfernung x vom Mittelpunkte abhängig ist, ebenfalls eine Formel von der Gestalt der (a). Es ist jedoch X keine elementare Transcendente mehr, sondern von der Art der Bessel'schen Functionen. Auch in diesem Falle ist die Bestimmung der Constanten nach derselben Methode, wie in den früheren Fällen, möglich, nur mit der Abänderung, dass für diese Functionen statt der Gleichung (b) die Gleichung

$$\int_0^l XX'xdx = 0 \qquad (c)$$

gilt, worin l nunmehr den Radius der Membran bedeutet. Es ist durch diese Gleichung daher auch die Möglichkeit der Entwick-

lung einer Function in eine nach solchen Transcendenten fortschreitende Reihe gegeben.

Die durch die Gleichung (c) ausgedrückte Eigenschaft haben, wie Kirchhoff[1] gezeigt hat, auch die Functionen, zu denen die Untersuchung der Transversalschwingungen einer kreisförmigen elastischen Platte führt.

In analoger Weise genügen die Functionen, durch welche das Problem der radialen Schwingungen einer Kugel gelöst wird, der Gleichung

$$\int_0^l XX'x^2dx = 0 \qquad (d)$$

worin l den Radius der Kugel bedeutet.

An diese speciellen Resultate knüpft sich ein sehr allgemeiner Satz an, welchen Clebsch[2] aus den für die unendlich kleinen Bewegungen fester elastischer Körper geltenden Differentialgleichungen abgeleitet hat.

Die nach den drei Axen eines orthogonalen Coordinatensystems geschätzten Componenten ξ, η, ζ der Verschiebung eines Punktes in einem elastischen Körper lassen sich darstellen durch

$$\begin{aligned} \xi &= X(a\cos\mu t + b\sin\mu t) + X'(a'\cos\mu' t + b'\sin\mu' t) + \dots \\ \eta &= Y(a\cos\mu t + b\sin\mu t) + Y'(a'\cos\mu' t + b'\sin\mu' t) + \dots \qquad (e) \\ \zeta &= Z(a\cos\mu t + b\sin\mu t) + Z'(a'\cos\mu' t + b'\sin\mu' t) + \dots \end{aligned}$$

Darin sind μ, μ', μ'',... wieder die Wurzeln einer transcendenten Gleichung, welche aus den für die Oberfläche des schwingenden Körpers gegebenen Bedingungen folgt. X, Y, Z sind durch die Differentialgleichungen der Bewegung und durch die Grenzbedingungen bestimmte Functionen der Coordinaten und zugleich abhängig von μ, so dass wieder die Coëfficienten X', Y', Z', X'', Y'', Z'',... aus X, Y, Z entstehen, wenn in diesen μ durch μ', μ'',... ersetzt wird.

Diese Functionen haben nun die Eigenschaft, dass

$$\iiint (XX' + YY' + ZZ')\,dx\,dy\,dz = 0 \qquad (f)$$

[1] Crelle's Journal, XL.

[2] Theorie der Elasticität fester Körper, p. 62.

ist, wenn X, Y, Z und X', Y', Z' irgend zwei verschiedenen Wurzeln μ und μ' zugehören, und die Integration über den ganzen vom schwingenden Körper erfüllten Raum ausgedehnt wird.

Diesen Satz hat Clebsch abgeleitet unter der Voraussetzung, dass keine äusseren Kräfte auf die einzelnen Massentheilchen des schwingenden Körpers wirken, und dass auch die Drücke auf der Oberfläche Null sind. Letzteres ist nun, wenn einzelne Stellen der Oberfläche fest gemacht sind, wie die Enden der schwingenden Saiten oder Stäbe, nicht der Fall, es bleibt jedoch der ausgesprochene Satz auch in diesem Falle noch richtig, da die Oberflächenintegrale, auf deren Werth es ankommt, verschwinden, nicht nur, wenn die Spannungen, sondern auch wenn die Verschiebungen der Punkte in der Oberfläche Null sind.

In anderer Weise hat Petzval [1] die durch die Gleichungen (b, c, d) ausgedrückten Sätze verallgemeinert, indem er nachwies, dass jeder Differentialgleichung von der Form

$$\frac{d^2u}{dt^2} = X_{2n}\frac{d^{2n}u}{dx^{2n}} + X_{2n-1}\frac{d^{2n-1}u}{dx^{2n-1}} + \ldots + X_0 u \qquad (g)$$

mit für $x=0$ und $x=l$ gegebenen linearen Grenzbedingungen, welcher die Auflösung

$$u = U(a\cos\mu t + b\sin\mu t) + U'(a'\cos\mu' t + b'\sin\mu' t) + \ldots$$

genügt, eine andere Differentialgleichung mit analogen Grenzbedingungen entspricht, nämlich

$$\frac{d^2v}{dt^2} = \frac{d^{2n}}{dx^{2n}}(X_{2n}v) - \frac{d^{2n-1}}{dx^{2n-1}}(X_{2n-1}v) + \ldots - \frac{d}{dx}(Xv) + X_0 v$$

deren Integral dargestellt werden kann durch

$$v = V(h\cos\mu t + k\sin\mu t) + V'(h'\cos\mu' t + k'\sin\mu' t) + \ldots$$

derart, dass die Werthe $\mu, \mu', \mu'', \ldots$ in v die Wurzeln derselben transcendenten Gleichung sind, wie die $\mu, \mu', \mu'', \ldots$ in u.

---

[1] Integration der linearen Differentialgleichungen, II, p. 650.

Die Functionen U, U',... und V, V',... haben dann die Eigenschaft, dass, wenn U irgend eine derselben aus der ersten Reihe und V' irgend eine, aber zu einer anderen Wurzel gehörige aus der zweiten Reihe bedeutet,

$$\int_0^l UV'\,dx = 0$$

ist. Dieser Satz liefert das Mittel zur Bestimmung der Constanten in dem allgemeinen Integrale u, verlangt aber zu diesem Behufe die Integration einer zweiten Gleichung. Während jedoch die Fälle, für welche die Gleichungen (*b*), (*c*), (*d*), (*f*) gelten, sich nur auf homogene Körper von gleichförmiger Dichte beziehen, ist der Petzval'sche Satz dieser Beschränkung nicht unterworfen, da die Coëfficienten X_{2n}, X_{2n-1},... welche die durch die Dichte dividirten Spannungen, Elasticitätscoëfficienten oder ähnliche Grössen bedeuten, beliebige Functionen von x sein können.

Man gelangt jedoch auf eine andere Form der Verallgemeinerung der durch die Formeln (*b*), (*c*), (*d*) ausgedrückten Sätze, wenn man einen einfachen Fall der Schwingungen eines in verschiedenen Theilen verschieden dichten Körpers behandelt, wie z. B. die longitudinalen Schwingungen eines Stabes, welcher aus mehreren verschiedenartigen Stücken zusammengesetzt ist. Sind der Stücke zwei, so erhält man [1] für die Verschiebung eines Punktes im ersten Stücke den Ausdruck

$$\xi_1 = X_1(a\cos\mu t + b\sin\mu t) + X_1'(a'\cos\mu' t + b'\sin\mu' t) + \ldots$$

und für die Verschiebung eines Punktes im zweiten Stücke

$$\xi_2 = X_2(a\cos\mu t + b\sin\mu t) + X_2'(a'\cos\mu' t + b'\sin\mu' t) + \ldots$$

X_2 und X_1 sind aus trigonometrischen zusammengesetzte Functionen, solcher Art ist auch die Bestimmungsgleichung für μ.

Bezeichnet man mit l_1 die Länge des ersten Stückes, mit $l-l_1$ die Länge des zweiten Stückes, bedeuten ferner ρ_1 und q_1 Dichte und Querschnitt für das erste, ρ_2 und q_2 dieselben Grös-

[1] Sitzungsberichte, LV.

sen für das zweite Stück, so lässt sich die zur Bestimmung der Constanten $a, b, \ldots$ dienende Eigenschaft der Functionen X_1 und X_2 ausdrücken durch die Gleichung

$$\rho_1 q_1 \int_0^{l_1} X_1 X_1' dx + \rho_2 q_2 \int_{l_1} X_2 X_2' dx = 0 \qquad (h)$$

Besteht der schwingende Stab aus zwei Stücken und ist ausserdem an der Stelle, an welcher diese zwei Stücke zusammenstossen, mit einer schweren Masse m belastet, so erhält man für die Verschiebungen in den zwei Stücken ähnliche Formeln, wie die vorhergehenden, nur sind die Functionen X_1 und X_2, und ebenso die Bestimmungsgleichung für μ anders zusammengesetzt. Man erhält aber weiter noch für die Bewegung der Masse m einen Ausdruck von der Form

$$\xi = M(a \cos \mu t + b \sin \mu t) + M'(a' \cos \mu' t + b' \sin \mu' t) + \ldots$$

worin $M, M', \ldots$ constante, durch die Bedingungsgleichungen, denen das schwingende System unterworfen ist, vollständig bestimmte Grössen darstellen.

Für diesen Fall ist die zur Bestimmung der Constanten dienende Relation folgende

$$\rho_1 q_1 \int_0^{l_1} X_1 X_1' dx + \rho_2 q_2 \int_{l_1}^{l} X_2 X_2' dx + mMM' = 0 \qquad (k)$$

Die beiden Gleichungen (h) und (k) weisen darauf hin, dass in dem Falle eines linearen Systems von veränderlicher Dichte ρ die Division der Bewegungsgleichung durch dieses ρ, nach welcher Division die Gleichung die Form (g) annimmt, das Problem nicht vereinfachen, sondern nur compliciren kann. In der That lässt sich leicht beweisen, dass bei entsprechenden Grenzbedingungen die particulären Integrale der Gleichung

$$\rho \frac{d^2u}{dt^2} = \frac{d^n}{dx^n}\left(X_n \frac{d^n u}{dx^n}\right) + \frac{d^{n-1}}{dx^{n-1}}\left(X_{n-1} \frac{d^{n-1}u}{dx^{n-1}}\right) + \ldots \qquad (l)$$

welche in dem allgemeinen Integrale

$$u = U(a \cos \mu t + b \sin \mu t) + U'(a' \cos \mu' t + b' \sin \mu' t) + \ldots \qquad (m)$$

vereinigt sind, die durch die Formel

$$\int_0^l \rho\, UU' dx = 0 \tag{n}$$

ausgedrückte Eigenschaft besitzen, mag ρ constant oder irgendwie von x abhängig sein. Da die Gleichungen für die schwingende Bewegung eines Körpers, sobald diese durch eine einzige Grösse u als Function von t und einer anderen Variabelen x bestimmt ist, immer die Form der Gleichung (l) annehmen, so ist durch die Formel (n) für die Constantenbestimmung die allgemeine Grundlage gegeben.

Es ist demnach auch für die Gleichung (f) die naturgemässe Form die folgende

$$\iiint \rho\,(XX' + YY' + ZZ')\, dx\, dy\, dz = 0 \tag{o}$$

aber nicht nur, wenn ρ constant ist, kann diese Formel (o) für (f) geschrieben werden, sondern, wenn die Dichte ρ als veränderlich betrachtet wird, so führen die Gleichungen der Elasticitätstheorie zu dieser Formel (o) und nicht zur Formel (f).

Die Gleichungen (n) und (o) liefern aber das folgende wichtige Theorem:

Die lebendige Kraft eines schwingenden elastischen Körpers ist für jeden Augenblick gleich der Summe der lebendigen Kräfte, die den einzelnen einfachen Schwingungen entsprechen.

Differenzirt man nämlich z. B. die Gleichungen (e) nach t, und bildet das über den ganzen Rauminhalt des Körpers ausgedehnte Integral

$$\frac{1}{2}\iiint \rho \left[\left(\frac{d\xi}{dt}\right)^2 + \left(\frac{d\eta}{dt}\right)^2 + \left(\frac{d\zeta}{dt}\right)^2\right] dx\, dy\, dz$$

so stellt dieses die gesammte lebendige Kraft des schwingenden Körpers dar. In dem Werthe dieses Integrals fallen nun in Folge der Gleichuug (o) alle doppelten Producte jener Glieder, welche verschiedenen von den Wurzeln μ, μ',... entsprechen, weg, nur die Quadrate aller dieser Glieder bleiben übrig, und diese stellen die lebendigen Kräfte der Einzelschwingungen dar.

Diesen Satz hat zuerst de Saint-Venant[1] ausgesprochen als einen, der sich in allen speciellen Fällen, auf die·er ihn anzuwenden vermochte, bewahrheitet hat.

Lippich[2] lieferte einen Beweis dieses Satzes und gelangte zu dem Resultate, dass die Giltigkeit desselben gleichgiltig, ob man es mit einem homogenen elastischen Körper oder mit einer Vereinigung beliebig vieler von verschiedener Natur zu thun hat, nur von den Bedingungen an den Grenzen des Systems abhängt und dann statt hat, wenn die auf die Oberfläche etwa wirkenden Kräfte gewisse lineare Functionen der Verschiebungen ihrer Angriffspunkte sind, bei beliebigen anderen Grenzbedingungen.

Auch Lippich geht von den Gleichungen der Elasticitätstheorie aus und kommt zu diesem Resultate auf demselben Wege, auf welchem Clebsch zu dem durch die Formel (f) gegebenen Satze gelangt ist.

Damit ist aber dieser Satz von der lebendigen Kraft der schwingenden Bewegungen und die Anwendbarkeit der mit ihm in Zusammenhang stehenden Methode der Constantenbestimmung noch nicht in der ihnen zukommenden Allgemeinheit bewiesen. So sind die beiden oben angeführten speciellen Fälle der transversalen Schwingungen elastischer Stäbe und Platten in dem Beweise nicht mit inbegriffen, sie sind es jedoch in dem Beweise der Gleichung (n). Denn die Gleichungen für diese Schwingungen sind von der vierten Ordnung, jene der Elasticitätstheorie sind es nur von der zweiten, und die von Clebsch und Lippich geführten Beweise stützen sich auf diese specielle Form dieser Gleichungen. Es hat zwar aus diesen Clebsch auch Gleichungen für die Transversalschwingungen der elastischen Stäbe abgeleitet, doch sind gerade die von ihm aufgestellten Gleichungen so beschaffen, dass ihre particulären Integrale dem von Clebsch bewiesenen Satze (f) nicht genügen.

Ferner gilt das erwähnte Theorem nicht blos für die Schwingungen fester elastischer Körper, sondern auch noch für andere Schwingungsprobleme, bei denen es sich um die Integra-

---

[1] Comptes-rendus. LX.

[2] Sitzungsberichte. LIV, 63.

tion von linearen Differentialgleichungen handelt, und hat die Anwendbarkeit der damit zusammenhängenden Methode der Constantenbestimmung eine noch viel weitere Ausdehnung.

Es lässt sich aber dieser Satz von den lebendigen Kräften allgemein und in sehr einfacher Art beweisen, wenn man von den Gleichungen für die unendlich kleinen Schwingungen eines Systems von beliebig vielen Punkten ausgeht, welche nicht nur für den Fall der Schwingungen der einzelnen Theilchen fester elastischer Körper, sondern auch noch für alle anderen Fälle von unendlich kleinen Schwingungen gelten.

Was die Bedingungen anbelangt, unter welchen dieser Satz besteht, so ergibt sich, dass er immer Giltigkeit hat, sobald die die Schwingungen unterhaltenden Kräfte als lineare Functionen der in dem System eingeleiteten Verschiebungen dargestellt werden können und so beschaffen sind, dass sie und die von ihnen unterhaltenen Bewegungen dem allgemeinen Principe der lebendigen Kräfte genügen.

Es existirt dann für alle in dem System bei Unterhaltung der Schwingungen thätigen Kräfte eine Kraftfunction, und diese ist eine homogene Function zweiten Grades von den nach drei auf einander senkrechten Richtungen geschätzten Componenten aller in dem System eingeleiteten Verschiebungen.

Die Quelle des Satzes bildet eine Eigenschaft der homogenen Functionen zweiten Grades, welche sich in folgender Weise ausdrücken lässt. Ist U eine homogene Function zweiten Grades von den Variablen $x_1, x_2, x_3, \ldots$ und geht diese Function über in U', wenn diese Variablen ersetzt werden durch andere $x'_1, x'_2, x'_3, \ldots$ so ist

$$\frac{dU}{dx_1} x'_1 + \frac{dU}{dx_2} x'_2 + \ldots = \frac{dU'}{dx'_1} x_1 + \frac{dU'}{dx'_2} x_2 + \ldots \qquad (p)$$

wenn auf jeder Seite der Gleichung alle Differentialquotienten von U oder U' nach allen darin enthaltenen Variablen gesetzt werden.

Der Satz gilt nun zunächst, wenn die auf die einzelnen Punkte des Systems wirkenden Kräfte in der Wechselwirkung zwischen diesen Punkten allein ihren Ursprung haben, wie im Falle der Schwingungen eines freien elastischen Körpers. Die

Kraftfunction enthält dann nur Differenzen der Verschiebungscomponenten. Es bleibt jedoch der Satz auch dann giltig, wenn auf jeden oder einzelne der Punkte noch andere Kräfte wirken, welche lineare Functionen seiner oder ihrer Verschiebungscomponenten und durch eine von diesen allein abhängige Kraftfunction bestimmt sind. Darin ist auch der Fall mit enthalten, dass unter den im System der bewegten Punkte thätigen Kräften solche vorhanden sind, welche aus Wechselwirkungen zwischen diesen Punkten und anderen unbeweglichen entspringen, und brauchen diese fixen Punkte nicht an der Oberfläche des Systems sich zu befinden, sie können durch das ganze System beliebig zerstreut sein.

Lässt sich die Kraftfunction in Theile zerlegen derart, dass in jedem der Theile keine jener Variablen enthalten ist, welche in den anderen Theilen vorkommen, so besitzt jeder solche Theil für sich die durch die Gleichung (p) ausgedrückte Eigenschaft, und der Satz von der lebendigen Kraft der Schwingungen gilt dann für jene Schwingungen, welche von den einem solchen Theile entsprechenden Kräften unterhalten werden, für sich.

Dies ist z. B. der Fall bei den Schwingungen gespannter Saiten; die longitudinalen und die transversalen, letztere in zwei auf einander senkrechte Richtungen zerlegt, bilden drei von einander unabhängige Schwingungssysteme und der in Betracht stehende Satz gilt für jedes für sich.

Dieser Fall tritt z. B. auch ein, wenn ein System von Punkten durch fixe Punkte in einander nicht beeinflussende Theile getheilt ist, der Satz gilt dann für jede zwischen solchen Knoten liegende Abtheilung für sich.

Die Giltigkeit dieses Satzes ist nur durch eine bestimmte Form der Bewegungsgleichungen bedingt, und er besteht z. B. auch für den Fall, dass die einzelnen Punkte des Systems in einem widerstehenden Mittel schwingen, sobald der Widerstand mit der Geschwindigkeit und der Masse jedes Punktes in directem für alle Punkte gleichem Verhältnisse steht. Dieser formelle Ursprung des Satzes hat auch zur Folge, dass die mit ihm in Verbindung stehende Methode der Constantenbestimmung nicht nur bei Schwingungsproblemen, sondern auch bei anderen, wie z. B. denen der Theorie der Wärmeleitung, ihre Anwendung

findet. Sie führt immer zum Ziele, sobald es sich um ein System von linearen Differentialgleichungen handelt, von der Gestalt, dass die Variablen u_1, u_2, u_3,... ausgedrückt sind durch

$$\begin{aligned} m_1\left(a\frac{du_1}{dt}+b\frac{d^2u_1}{dt^2}+\ldots\right)&=\frac{dU}{du_1} \\ m_2\left(a\frac{du_2}{dt}+b\frac{d^2u_2}{dt^2}+\ldots\right)&=\frac{dU}{du_2} \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \end{aligned} \qquad (q)$$

Darin bedeutet U eine homogene Function zweiten Grades der Variablen u_1, u_2, ...; a, b ... bedeuten constante Coëfficienten, die Factoren m_1, m_2,...können gleich oder von Gleichung zu Gleichung verschieden sein. Die Giltigkeit der Methode ist von der Anzahl der Gleichungen nicht abhängig, sie trifft auch dann noch zu, wenn die Anzahl der Gleichungen unendlich gross wird, die Variablen u_1, u_2 ... eine Reihe mit unendlich kleinen Differenzen bilden, in welchem Falle das System der obigen Gleichungen sich durch partielle Differentialgleichungen und gewöhnliche Differentialgleichungen für die Grenzwerthe der Variablen ersetzen lässt. Umgekehrt ist diese Methode der Constantenbestimmung anwendbar bei solchen partiellen Differentialgleichungen, welche sammt den Grenzbedingungen als Repräsentanten eines Gleichungssystems von der Form (q) betrachtet werden können, und ist durch sie zugleich die Entwicklung von Functionen in Reihen, welche nach particulären Integralen dieser Differentialgleichungen fortschreiten, ermöglicht.

Obwohl alle diese Folgerungen aus den Gleichungen für die unendlich kleinen Schwingungen eines Systems von Punkten in höchst einfacher Weise sich ergeben, und diese Gleichungen schon oft discutirt worden sind, vielleicht auch schon in der hier angedeuteten Richtung, was mir nicht bekannt ist, so will ich doch die zu den auseinandergesetzten Resultaten führenden einfachen Entwicklungen im Folgenden zusammenstellen.

Ein System von n Punkten sei im stabilen Gleichgewichte, also die Resultante aller auf jeden einzelnen Punkt wirkenden

Kräfte Null. Werden den einzelnen Punkten unendlich kleine, im übrigen aber beliebige Verschiebungen ertheilt, so ist die Resultante der auf irgend einen der Punkte wirkenden Kräfte bestimmt durch eine lineare Function der nach drei rechtwinkligen Axen geschätzten Componenten der Verschiebungen dieses Punktes und auch der Verschiebungen der anderen Punkte, entweder aller oder nur einiger derselben.

Gilt für diese Kräfte und die von ihnen erzeugte Bewegung das Princip der lebendigen Kraft, so gibt es eine Kraftfunction, welche nach den Componenten der Verschiebung eines beliebigen Punktes differenzirt, die Componenten der Resultirenden aller auf diesen Punkt wirkenden Kräfte liefert. Diese Kraftfunction ist eine homogene Function zweiten Grades der Componenten aller in dem System von n Punkten eingeleiteten Verschiebungen.

Werden diese Verschiebungscomponenten mit ξ_1, η_1, ζ_1 für den ersten Punkt, mit ξ_2, η_2, ζ_2 für den zweiten u. s. w. bezeichnet, so kann die Kraftfunction P dargestellt werden durch

$$\begin{aligned} P = & A_{11}\xi_1^2 + A_{22}\xi_2^2 + \ldots + 2A_{12}\xi_1\xi_2 + 2A_{13}\xi_1\xi_3 + \ldots \\ & + B_{11}\eta_1^2 + B_{22}\eta_2^2 + \ldots + 2B_{12}\eta_1\eta_2 + 2B_{13}\eta_1\eta_3 + \ldots \\ & + C_{11}\zeta_1^2 + C_{22}\zeta_2^2 + \ldots + 2C_{12}\zeta_1\zeta_2 + 2C_{13}\zeta_1\zeta_3 + \ldots \end{aligned} \tag{1}$$

worin die Coëfficienten A, B, C von den Verschiebungen unabhängige Grössen bezeichnen.

Sind m_1, m_2, m_3, .. die Massen der einzelnen Punkte, so sind

$$\begin{aligned} & m_1 \frac{d^2\xi_1}{dt^2} = \frac{dP}{d\xi_1}, \quad m_2 \frac{d^2\xi_2}{dt^2} = \frac{dP}{d\xi_2}, \ldots \\ & m_1 \frac{d^2\eta_1}{dt^2} = \frac{dP}{d\eta_1}, \quad m_2 \frac{d^2\eta_2}{dt^2} = \frac{dP}{d\eta_2}, \ldots \\ & m_1 \frac{p^2\zeta_1}{dt^2} = \frac{dP}{d\zeta_1}, \quad m_2 \frac{d^2\zeta_2}{dt^2} = \frac{dP}{d\zeta_2}, \ldots \end{aligned} \tag{2}$$

die Bewegungsgleichungen des Systems.

Diesen Gleichungen genügen die speciellen Auflösungen

$$\begin{aligned} \xi_1 &= a_1 \cos\mu t\,, \quad \xi_2 = a_2 \cos\mu t\,, \ldots \\ \eta_1 &= b_1 \cos\mu t\,, \quad \eta_2 = b_2 \cos\mu t\,, \ldots \\ \zeta_1 &= c_1 \cos\mu t\,, \quad \zeta_2 = c_2 \cos\mu t\,, \ldots \end{aligned} \tag{3}$$

unter der Bedingung, dass durch die Coëfficienten a, b, c und die Grösse μ die Gleichungen

$$\begin{aligned} -\mu^2 m_1 a_1 &= \frac{dP_0}{da_1}, \quad -\mu^2 m_2 a_2 = \frac{dP_0}{da_2}, \ldots \\ -\mu^2 m_1 b_1 &= \frac{dP_0}{db_1}, \quad -\mu^2 m_2 b_2 = \frac{dP_0}{db_2}, \ldots \\ -\mu^2 m_1 c_1 &= \frac{dP_0}{dc_1}, \quad -\mu^2 m_2 c_2 = \frac{dP_0}{dc_2}, \ldots \end{aligned} \tag{4}$$

zu identischen werden. In diesen Gleichungen stellt P_0 den Ausdruck dar, in welchen P sich verwandelt, wenn darin die Variablen $\xi_1 \xi_2 \ldots \eta_1 \eta_2 \ldots \zeta_1 \zeta_2 \ldots$ ersetzt werden durch die Coëfficienten $a_1 a_2 \ldots b_1 b_2 \ldots c_1 c_2 \ldots$

Aus den Gleichungen (4) können die Verhältnisse von $3n-1$ der Coëfficienten a, b, c zu dem übrig bleibenden etwa a_1 bestimmt werden. Damit die $3n$ Gleichungen unter einander verträglich sind, muss die Gleichung, welche nach Elimination dieser $3n-1$ Verhältnisse übrig bleibt, eine identische, d. i. die Determinante der $3n$ linearen Gleichungen muss Null sein.

Diese Gleichung dient zur Bestimmung von μ^2 und sie liefert für dieses $3n$ Werthe, welchen dann ebenso viele Systeme von particulären Auflösungen entsprechen. Das System (3) ist ein solches, wenn μ^2 eine Wurzel dieser Gleichung bezeichnet. Ist μ'^2 eine andere Wurzel, so sei das dieser Wurzel entsprechende Auflösungssystem

$$\begin{aligned} \xi_1 &= a_1' \cos\mu' t\,, \quad \xi_2 = a_2' \cos\mu' t\,, \ldots \\ \eta_1 &= b_1' \cos\mu' t\,, \quad \eta_2 = b_2' \cos\mu' t\,, \ldots \\ \zeta_1 &= c_1' \cos\mu' t\,, \quad \zeta_2 = c_2' \cos\mu' t\,, \ldots \end{aligned} \tag{5}$$

und die Coëfficienten a', b', c' genügen den Gleichungen

$$
\begin{aligned}
-\mu'^2 m_1 a_1' &= \frac{dP_0'}{da_1'}, \quad -\mu'^2 m_2 a_2' = \frac{dP_0'}{da_2'}, \ldots \\
-\mu'^2 m_1 b_1' &= \frac{dP_0'}{db_1'}, \quad -\mu'^2 m_2 b_2' = \frac{dP_0'}{db_2'}, \ldots \qquad (6) \\
-\mu'^2 m_1 c_1' &= \frac{dP_0'}{dc_1'}, \quad -\mu'^2 m_2 c_2' = \frac{dP_0'}{dc_2'}, \ldots
\end{aligned}
$$

worin P_0' den Ausdruck darstellt, in den sich P verwandelt, wenn darin die Variablen $\xi_1 \xi_2 \ldots \eta_1 \eta_2 \ldots \zeta_1 \zeta_2 \ldots$ ersetzt werden durch die Coëfficienten $a_1' a_2' \ldots b_1' b_2' \ldots c_1' c_2' \ldots$

Zwischen den Coëfficienten der beiden Auflösungssysteme (3) und (5) besteht eine Beziehung, welche man findet, wenn man die Gleichungen (4) der Reihe nach mit $a_1' a_2' \ldots b_1' b_2' \ldots c_1' c_2' \ldots$ multiplicirt und addirt, ebenso die Gleichungen (6) der Reihe nach mit $a_1 a_2 \ldots b_1 b_2 \ldots c_1 c_2 \ldots$ multiplicirt und addirt und dann die beiden Summen von einander subtrahirt. Das Resultat ist

$$
\begin{aligned}
&(\mu'^2 - \mu^2)[m_1(a_1 a_1' + b_1 b_1' + c_1 c_1') + m_2(a_2 a_2' + b_2 b_2' + c_2 c_2') + \ldots] \\
&= \frac{dP_0}{da_1} a_1' + \frac{dP_0}{db_1} b_1' + \frac{dP_0}{dc_1} c_1' + \frac{dP_0}{da_2} a_2' + \ldots \\
&\quad - \frac{dP_0'}{da_1'} a_1 - \frac{dP_0'}{db_1'} b_1 - \frac{dP_0'}{dc_1'} c_1 - \frac{dP_0'}{da_2'} a_2 - \ldots
\end{aligned}
$$

Nach der durch die Formel (m) ausgedrückten Eigenschaft der homogenen Functionen zweiten Grades ist die zweite Seite dieser Gleichung Null, und da der Voraussetzung gemäss μ^2 und μ'^2 von einander verschieden sind, so muss

$$
m_1(a_1 a_1' + b_1 b_1' + c_1 c_1') + m_2(a_2 a_2' + b_2 b_2' + c_2 c_2') + \ldots = 0 \qquad (7)
$$

sein, und diese Relation gilt für je zwei beliebige Systeme der Coëfficienten a, b, c, welche zwei beliebigen Wurzeln der Gleichung für μ^2 entsprechen.

Aus dieser Gleichung (7) folgt bekanntlich, dass unter den Wurzeln μ^2, μ'^2, .. keine complexen sich befinden. Wären

solche vorhanden, so müsste die Gleichung (7) auch für je zwei solcher, also auch für die conjugirten Paare bestehen. Die den conjugirten Wurzeln entsprechenden Coëfficienten a, b, c sind aber dann ebenfalls zu einander conjugirt, und da das Product zweier solcher eine Summe von zwei Quadraten bildet, so verlangt dann die Gleichung (7) das Verschwinden einer Summe von Quadraten, welches Verlangen nur durch das Verschwinden jedes Gliedes befriedigt werden kann.

Aus den Gleichungen (4) lässt sich ferner auch beweisen, dass für den Fall der unendlich kleinen Schwingungen, welche die Punkte eines Systems um ihre Gleichgewichtslagen machen, die Wurzeln der Gleichung für μ^2 nur positiv, also alle Werthe von μ nur reell sein können.

Multiplicirt man nämlich die Gleichungen (4) der Reihe nach mit a_1, a_2, ... b_1, b_2, ... c_1, c_2 ... und addirt sie sodann, so folgt

$$-\mu^2[m_1(a_1+b_1^2+c_1^2)+m_2(a_2^2+b_2^2+c_2^2)+\ldots]$$
$$=\frac{dP_0}{da_1}a_1+\frac{dP_0}{da_2}a_2+\frac{dP_0}{db_1}b_1+\quad .$$

Nach einer bekannten Eigenschaft der homogenen Functionen zweiten Grades ist aber die zweite Seite dieser Gleichung $=2P_0$, also folgt

$$-\mu^2[m_1(a^2+b_1^2+c_1^2)+m_2(a_2^2+b_2^2+c_2^2)+\ldots]=2P_0 \qquad (8)$$

Die Function P bedeutet die Arbeit, welche die auf die einzelnen Punkte des Systems wirkenden Kräfte leisten, wenn die Punkte aus ihren Gleichgewichtslagen um $\xi_1\eta_1\zeta_1$, $\xi_2\eta_2\zeta_2$... verschoben werden. Diese Arbeit ist wesentlich negativ, es ist also auch in der Gleichung (8) P_0 eine negative Grösse, woraus weiter sich ergibt, dass μ^2 nur positiv sein kann.

An Stelle der Auflösungen (3) kann man auch das folgende System setzen:

$$\xi_1=A_1\sin\mu t\,,\quad \xi_2=A_2\sin\mu t\,,\ \ldots$$
$$\eta_1=B_1\sin\mu t\,,\quad \eta_2=B_2\sin\mu t\,,\ \ldots$$
$$\zeta_1=C_1\sin\mu t\,,\quad \zeta_2=C_2\sin\mu t\quad \ldots$$

und gilt für die Coëfficienten A, B, C alles in gleicher Weise wie für die Coëfficienten a, b, c, da sich erstere von diesen nur durch einen constanten Factor unterscheiden können. Denn das für diese Coëfficienten bestehende, den Gleichungen (4) analoge System führt zur selben Gleichung für μ^2, und liefert nach Einsetzung derselben Wurzel für die Verhältnisse der Coëfficienten A, B, C dieselben Werthe, wie für die Verhältnisse der a, b, c. Die beiden Gleichungen

$$\begin{aligned} m_1(A_1A_1'+B_1B_1'+C_1C_1')+m_2(A_2A_2'+B_2B_2'+C_2C_2')+\ldots=0 \\ m_1(A_1a_1'+B_1b_1'+C_1c_1')+m_2(A_2a_2'+B_2b_2'+C_2c_2')+\ldots=0 \end{aligned} \qquad (9)$$

sind also nur Wiederholungen der Gleichung (7).

Die allgemeinen Auflösungen der Gleichungen (2) sind die Summen aller particulären, können also in folgender Weise geschrieben werden:

$$\begin{aligned} \xi_1 &= a_1\cos\mu t+A_1\sin\mu t+a_1'\cos\mu't+A_1'\sin\mu't+\ldots \\ \eta_1 &= b_1\cos\mu t+B_1\sin\mu t+b_1'\cos\mu't+B_1'\sin\mu't+\ldots \\ \zeta_1 &= c_1\cos\mu t+C_1\sin\mu t+c_1'\cos\mu't+C_1'\sin\mu't+\ldots \\ \xi_2 &= a_2\cos\mu t+A_2\sin\mu t+a_2'\cos\mu't+A_2'\sin\mu't+\ldots \\ & \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \end{aligned} \qquad (10)$$

Differenzirt man diese Gleichungen nach t, quadrirt dann jede derselben, multiplicirt dann die drei Gleichungen für den ersten Punkt mit m_1, die drei für den zweiten mit m_2 u. s. w. und summirt, so hat man auf der ersten Seite

$$m_1\left[\left(\frac{d\xi_1}{dt}\right)^2+\left(\frac{d\eta_1}{dt}\right)^2+\left(\frac{d\zeta_1}{dt}\right)^2\right]+m_2\left[\left(\frac{d\xi_2}{dt}\right)^2+\left(\frac{d\eta_2}{dt}\right)^2+\left(\frac{d\zeta_2}{dt}\right)^2\right]+\ldots$$

und auf der zweiten Seite bleiben nur die Quadrate der den einzelnen Wurzelwerthen von μ entsprechenden Glieder, welche die den elementaren Schwingungen entsprechenden Geschwindigkeiten darstellen; alle doppelten Producte der verschiedenen Wurzelwerthen μ, μ' ... entsprechenden Glieder fallen in Folge der Gleichungen (7) und (9) hinweg.

Damit ist der Satz bewiesen, dass **die gesammte lebendige Kraft des Systems für jeden Augenblick gleich ist der Summe der lebendigen Kräfte, welche den einzelnen einfachen Schwingungen entsprechen.**

Was die Anwendung der Gleichung (7) zur Bestimmung der Coëfficienten a, b, c, A, B, C anbelangt, so ist schon bemerkt worden, dass durch die Gleichungen (4) die Verhältnisse zwischen diesen bestimmt sind. Man kann also

$$\begin{aligned} a_1 &= \alpha_1 p, \quad a_2 = \alpha_2 p, \ldots \\ b_1 &= \beta_1 p, \quad b_2 = \beta_2 p, \ldots \\ c_1 &= \gamma_1 p, \quad c_2 = \gamma_2 p, \ldots \end{aligned} \tag{11}$$

setzen, worin p eine willkürliche Constante bezeichnet, die Grössen α, β, γ aber alle vollständig bestimmt sind, sobald man einer von ihnen einen bestimmten übrigens beliebigen Werth gibt.

Denkt man sich statt der Wurzel μ^2 eine andere μ'^2 in die Gleichungen (4) gesetzt, so können die zugehörigen Coëfficienten

$$\begin{aligned} a'_1 &= \alpha'_1 p', \quad a'_2 = \alpha'_2 p, \ldots \\ b'_1 &= \beta'_1 p', \quad b'_2 = \beta'_2 p', \ldots \\ c'_1 &= \gamma'_1 p', \quad c'_2 = \gamma'_2 p', \ldots \end{aligned} \tag{12}$$

gesetzt werden, worin p' wieder eine willkürliche Constante bezeichnet.

Führt man die Werthe (11) und (12) in die Gleichung (7) ein, so folgt

$$m_1(\alpha_1\alpha'_1 + \beta_1\beta'_1 + \gamma_1\gamma'_1) + m_2(\alpha_2\alpha'_2 + \beta_2\beta'_2 + \gamma_2\gamma'_2) + \ldots = 0 \tag{13}$$

Analog den Gleichungen (11) und (12) hat man auch, wenn q und q' wieder arbiträre Constante bedeuten

$$\begin{aligned} A_1 &= \alpha_1 q, \quad A_2 = \alpha_2 q, \ldots \quad A'_1 = \alpha_1 q', \ldots \\ B_1 &= \beta_1 q, \quad B_2 = \beta_2 q, \ldots \quad B'_1 = \beta'_1 q', \ldots \\ C_1 &= \gamma_1 q, \quad C_2 = \gamma_2 q, \ldots \quad C' = \gamma'_1 q', \ldots \end{aligned}$$

Es können daher die allgemeinen Auflösungen (10) in folgende Form gebracht werden

$$
\begin{aligned}
\xi_1 &= \alpha_1(p\cos\mu t + q\sin\mu t) + \alpha_1'(p'\cos\mu' t + q'\sin\mu' t) + \ldots \\
\eta_1 &= \beta_1(p\cos\mu t + q\sin\mu t) + \beta_1'(p'\cos\mu' t + q'\sin\mu' t) + \ldots \\
\zeta_1 &= \gamma_1(p\cos\mu t + q\sin\mu t) + \gamma_1'(p'\cos\mu' t + q'\sin\mu' t) + \ldots \\
\xi_2 &= \alpha_2(p\cos\mu t + q\sin\mu t) + \alpha_2'(p'\cos\mu' t + q'\sin\mu' t) + \ldots \\
&\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots
\end{aligned}
\qquad (14)
$$

in welchen nur die Constanten p, $p', \ldots q$, $q', \ldots$ unbestimmt sind und aus den anfänglichen Verschiebungen und Geschwindigkeiten der Punkte gefunden werden können.

Sind z. B. für $t=0$ die Verschiebungen $\mathfrak{x}_1, \mathfrak{y}_1, \mathfrak{z}_1, \mathfrak{x}_2, \mathfrak{y}_2, \mathfrak{z}_2, \ldots$ gegeben, so folgt aus den Gleichungen (14)

$$
\begin{aligned}
\mathfrak{x}_1 &= \alpha_1 p + \alpha_1' p' + \ldots \\
\mathfrak{y}_1 &= \beta_1 p + \beta_1' p' + \ldots \\
\mathfrak{z}_1 &= \gamma_1 p + \gamma_1' p' + \ldots \\
\mathfrak{x}_2 &= \alpha_2 p + \alpha_2' p' + \ldots \\
&\ldots\ldots\ldots\ldots
\end{aligned}
$$

Um die Constante p zu finden, multiplicire man diese Gleichungen der Reihe nach mit α_1, β_1, γ_1, α_2, β_2, $\gamma_2, \ldots$ ausserdem die Gleichungen für den ersten Punkt noch mit m_1, die für den zweiten mit m_2 u. s. w., und addire nunmehr alle Gleichungen. Mit Rücksicht auf (13) erhält man

$$
\begin{aligned}
& m_1(\alpha_1\mathfrak{x}_1 + \beta_1\mathfrak{y}_1 + \gamma_1\mathfrak{z}_1) + m_2(\alpha_2\mathfrak{x}_2 + \beta_2\mathfrak{y}_2 + \gamma_2\mathfrak{z}_2) + \ldots \\
&\qquad = p\left[m_1(\alpha_1^2 + \beta_1^2 + \gamma_1^2) + m_2(\alpha_2^2 + \beta_2^2 + \gamma_2^2) + \ldots\right]
\end{aligned}
$$

wodurch p bestimmt ist. In derselben Weise findet man p', $p'' \ldots$ und aus den anfänglichen Geschwindigkeiten folgen in derselben Art die Constanten q, q', $q'' \ldots$

Die Giltigkeit des Satzes von der lebendigen Kraft und der Methode der Constantenbestimmung ist bedingt durch die Gleichung (7) und diese durch die Form der Gleichungen (4). Es werden daher der Satz von der lebendigen Kraft und die

Methode der Constantenbestimmung auch dann noch gelten, wenn statt der Gleichungen (2) andere gegeben sind, wenn nur das Gleichungssystem, welches nach Substitution einer particulären Lösung aus den Differentialgleichungen sich ergibt, die Form der Gleichungen (4) besitzt.

Dies ist z. B. der Fall, wenn das System von Punkten in einem widerstehenden Mittel schwingt, sobald da der Widerstand, den jeder Punkt bei seiner Bewegung erfährt, mit der Geschwindigkeit und der Masse des Punktes in directem Verhältnisse steht und der Werth dieses Verhältnisses für alle Punkte derselbe ist. Bezeichnet man diesen Werth mit 2ν, so treten an Stelle der Gleichungen (2) die folgenden

$$\begin{aligned} m_1\left(\frac{d^2\xi_1}{dt^2}+2\nu\frac{d\xi_1}{dt}\right)&=\frac{dP}{d\xi_1}, \\ m_2\left(\frac{d^2\xi_2}{dt^2}+2\nu\frac{d\xi_2}{dt}\right)&=\frac{dP}{d\xi_2}, \\ \cdots\cdots&\cdots\cdots \\ m_1\left(\frac{d^2\eta_1}{dt^2}+2\nu\frac{d\eta_1}{dt}\right)&=\frac{dP}{d\eta_1}, \\ \cdots\cdots&\cdots\cdots \end{aligned} \tag{15}$$

Eine particuläre Lösung dieser Gleichungen bilden die Werthe

$$\begin{aligned} \xi_1&=a_1e^{-\nu t}\cos\mu t, & \xi_2&=a_2e^{-\nu t}\cos\mu t, \ldots \\ \eta_1&=b_1e^{-\nu t}\cos\mu t, & \eta_2&=b_2e^{-\nu t}\cos\mu t, \ldots \\ \zeta_1&=c_1e^{-\nu t}\cos\mu t, & \zeta_2&=c_2e^{-\nu t}\cos\mu t, \ldots \end{aligned}$$

und die Gleichungen, welche man zur Bestimmung der Coëfficienten a, b, c erhält, unterscheiden sich von den Gleichungen (4) nur dadurch, dass sie $\mu^2+\nu^2$ an Stelle von μ^2 enthalten. Die Gleichung (7) lässt sich also für diesen Fall in derselben Art beweisen, wie für den früheren, und gelten also auch für diesen Fall alle aus dieser Gleichung gezogenen Consequenzen.

Die Gleichung (7) wird aber auch noch bestehen, wenn man statt der Gleichungen (15) solche statuirte, in denen keine zweiten Differentialquotienten der Verschiebungen nach t, son-

dern nur die ersten auftreten. Der Art sind die Gleichungen, zu denen die Theorie der Wärmeleitung führt; es ist also auch bei diesen dieselbe Methode der Constantenbestimmung anwendbar, und sie ist es auch noch für andere Gleichungen, welche andere Differentialquotienten nach t enthalten, aber denen unter (15) analog gebaut sind.

Bei den bisherigen Entwicklungen ist vorausgesetzt worden, dass die Gleichungen (4) ein derart zusammenhängendes System bilden, dass keine derselben oder keine Gruppe derselben nur solche Variable enthält, die in keiner anderen vorkommen. Tritt dieser Fall ein, so muss das Gleichungssystem (4) in die von einander unabhängigen Gruppen zertheilt werden. Es existirt dann für jede Gruppe eine gesonderte Bestimmungsgleichung für μ^2, aber es besteht dann auch für die Coëfficienten in jeder einzelnen dieser Gruppen die Gleichung (7), somit gilt auch der Satz von der lebendigen Kraft für jede Gruppe für sich und ebenso findet die Methode der Constantenbestimmung für jede einzelne Gruppe ihre separate Anwendung.

Dass dem so ist, folgt daraus, dass in einem solchen Falle auch die Kraftfunction P in Theile zerfällt, welche von einander unabhängig sind. Jeder Theil bildet wieder eine homogene Function zweiten Grades, welcher die durch die Gleichung (p) ausgedrückte Eigenschaft zukommt, so dass die Gleichung (7) für jede Gruppe von Coëfficienten einzeln gefolgert werden kann.

Am häufigsten tritt dieser Fall in der Weise ein, dass die Schwingungen in den drei auf einander senkrechten Richtungen von einander unabhängig vor sich gehen, die Kraftfunction also in drei Theile zerfällt, von denen einer nur von den Verschiebungen ξ, der andere von den Verschiebungen η, der dritte von den Verschiebungen ζ abhängig ist. Es zerfallen dann auch die Gleichungen (4) in drei solche Systeme, und an die Stelle der Gleichung (7) treten die drei folgenden

$$m_1 a_1 a'_1 + m_2 a_2 a'_2 + \ldots = 0$$

$$m_1 b_1 b'_1 + m_2 b_2 b'_2 + \ldots = 0$$

$$m_1 c_1 c'_1 + m_2 c_2 c'_2 + \ldots = 0$$

und gilt dies z. B. für die gleichzeitig stattfindenden longitudinalen und transversalen Schwingungen von Saiten und Stäben.

Zum Schlusse will ich noch das im Eingange von der Gleichung (I) behauptete nachweisen. Es genügt, einen speciellen Fall zu betrachten, da sich die Betrachtung des allgemeinen von der des speciellen nur durch die grössere Weitläufigkeit unterscheidet.

Es sei die Gleichung

$$\rho\frac{d^2u}{dt^2}=\frac{d^2}{dx^2}\left(L\frac{d^2u}{dx^2}\right)+\frac{d}{dx}\left(M\frac{du}{dx}\right)+Nu \tag{16}$$

gegeben, worin ρ, L, M, N Constante oder Functionen von x sein können. Sind

$$U\cos\mu t \quad \text{und} \quad U'\cos\mu' t$$

zwei particuläre Integrale dieser Gleichung, so genügen U und U' den beiden folgenden

$$-\mu^2\rho U=\frac{d^2}{dx^2}\left(L\frac{d^2U}{dx^2}\right)+\frac{d}{dx}\left(M\frac{dU}{dx}\right)+NU$$

$$-\mu'^2\rho U'=\frac{d^2}{dx^2}\left(L\frac{d^2U'}{dx^2}\right)+\frac{d}{dx}\left(M\frac{dU'}{dx}\right)+NU'$$

Multiplicirt man die erste dieser zwei Gleichungen mit $U'dx$, die zweite mit Udx, bildet von diesen Producten die Differenz und integrirt diese von 0 bis l, so folgt

$$\begin{aligned}(\mu'^2-\mu^2)\int_0^l\rho UU'dx=&\int_0^l\left[U'\frac{d^2}{dx^2}\left(L\frac{d^2U}{dx^2}\right)-U\frac{d^2}{dx^2}\left(L\frac{d^2U'}{dx^2}\right)\right]dx\\&+\int_0^l\left[U'\frac{d}{dx}\left(M\frac{dU}{dx}\right)-U\frac{d}{dx}\left(M\frac{dU'}{dx}\right)\right]dx\end{aligned} \tag{17}$$

Die beiden Integrale rechts vom Gleichheitszeichen lassen sich wirklich auswerthen. Nach zweimaliger partieller Integra-

tion des ersten und einmaliger des zweiten erhält man für dieselben den Ausdruck

$$\begin{array}{l} U'\frac{d}{dx}\left(L\frac{d^2U}{dx^2}\right)-\frac{dU'}{dx}L\frac{d^2U}{dx^2}+U'M\frac{dU}{dx} \\ -U\frac{d}{dx}\left(L\frac{d^2U'}{dx^2}\right)+\frac{dU}{dx}L\frac{d^2U'}{dx^2}-UM\frac{dU'}{dx} \end{array} \qquad (18)$$

in welchem zuerst $x=l$, dann $x=0$ zu setzen und das zweite Substitutionsresultat von dem ersten zu subtrahiren ist. Sind die Bedingungen für die Grenzen $x=0$ und $x=l$ so beschaffen, dass der Ausdruck (18) $=0$ wird, so wird auch der erste Theil der Gleichung (17) $=0$ und somit

$$\int_0^l \rho UU'dx=0 \qquad (19)$$

wenn μ und μ' von einander verschieden sind.

Es gibt nun drei Paare von Grenzbedingungen, von welchen jedes die Eigenschaft hat, sowohl die erste wie die zweite Reihe des Ausdruckes für sich verschwinden zu machen. Sie sind

$$u=0, \quad \frac{du}{dx}=0 \qquad (20)$$

$$u=0, \quad \frac{d^2u}{dx^2}=0 \qquad (21)$$

$$\frac{d^2u}{dx^2}=0, \quad L\frac{d^3u}{dx^3}+M\frac{du}{dx}=0 \qquad (22)$$

Diese Grenzbedingungen stehen zugleich in einem organischen Zusammenhange mit der Differentialgleichung (16). Dieser Zusammenhang wird am einfachsten klar, wenn man von der Gleichung (16) auf das System gewöhnlicher Differentialgleichungen, welches sie repräsentirt, oder auf die homogene Function zweiten Grades, aus welcher dieses System abgeleitet werden kann, zurückgeht.

Theilt man die Variable x in eine sehr grosse Anzahl n unendlich kleiner Theile α, so dass $x = n\alpha$, bezeichnet mit u_n den Werth von u für dieses bestimmte $x = n\alpha$, mit u_{n-1}, u_{n+1}, u_{n-2}, u_{n+2}, ... die Werthe von u für $x = (n-1)\alpha$, $(n+1)\alpha$, $(n-2)\alpha$, $(n+2)\alpha$, ... führt ferner die Bezeichnungen L_n, L_{n-1}, L_{n+1}, ... M_n, M_{n-1}, M_{n+1}, ... N_n, N_{n-1}, N_{n+1}, ... mit den analogen Bedeutungen ein, so kann man diese homogene Function darstellen durch

$$\begin{aligned} P = \\ & + \ldots \ldots \ldots - \ldots \ldots \ldots + \ldots \\ & + \frac{L_{n+1}}{2\alpha^3}(u_{n+2} - 2u_{n+1} + u_n)^2 - \frac{M_{n+1}}{2\alpha}(u_{n+1} - u_n)^2 + \frac{N_n \alpha u_n^2}{2} \\ & + \frac{L_n}{2\alpha^3}(u_{n+1} - 2u + u_{n+1})^2 - \frac{M_n}{2\alpha}(u_n - u_{n-1})^2 + \ldots \\ & + \frac{L_{n-1}}{2\alpha^3}(u_n - 2u_{n-1} + u_{n-2})^2 - \ldots \ldots \ldots + \ldots \\ & + \ldots \ldots \ldots - \ldots \ldots \ldots + \ldots \end{aligned} \tag{23}$$

Aus dieser folgt z. B. die Gleichung für das $n$te Element, wenn m_n die Masse dieses Elementes ist,

$$m_n \frac{d^2 u_n}{dt^2} = \frac{dP}{du_n} \tag{24}$$

Dividirt man diese Gleichung durch α, so ist die Grenze, welcher diese Gleichung bei unendlich abnehmendem α sich nähert, die Gleichung (16), da $\frac{m_n}{\alpha}$ die in (16) mit ρ bezeichnete Masse eines Elementes, reducirt auf die Einheit der Länge, bedeutet.

Aus dem Baue der Function P geht hervor, dass in die Gleichung (24) für u_n die Werthe von u für die zwei vorhergehenden und auch für die zwei nachfolgenden Elemente eingehen. Bildet nun das $n$te die Grenze der Elementenreihe, so kann P die mit L_{n+1}, L_n, M_{n+1} multiplicirten Glieder nicht enthalten, das durch die Gleichung (24) charakterisirte Gleichungs-

system lässt sich also nur bis zum $(n-2)$ten Elemente in der Gleichung (16) entsprechenden Form aufstellen. Diese Gleichung (16) ist dann nur bis zum $(n-2)$ten Elemente giltig, und genügt diese Ausdehnung der Giltigkeit zur Bestimmung der verschiedenen u, wenn die Werthe u_n und u_{n-1} unmittelbar gegeben sind.

Sind aber u_n und u_{n-1} nicht gegeben, so kann die Gleichung (16) auch für die beiden letzten Elemente giltig gemacht werden, wenn man die aus der Function P sich ergebenden unvollständigen Gleichungen für u_n und u_{n-1} in der Art ergänzt, dass diese Gleichungen die der Gleichung (16) entsprechende Form annehmen, und diese Ergänzung ist immer gestattet, sobald die ergänzenden Glieder für sich $= 0$ sind.

Es gibt nun drei Fälle. Der erste Fall ist jener, dass u_n und u_{n-1} unmittelbar gegeben sind, z. B. durch

$$u_n = 0, \quad u_{n-1} = 0$$

welche zwei Annahmen gleichbedeutend sind mit den Grenzbedingungen (20). Es können natürlich u_n und u_{n-1} auch durch andere Werthe, z. B. als Functionen von t gegeben sein, in welchem Falle aber der Ausdruck (18) für diese Grenze des Systems nicht mehr verschwindet.

Der zweite Fall ist der, dass

$$u_n = 0$$

hingegen u_{n-1} nicht gegeben ist. Der aus P abgeleiteten Gleichung für u_{n-1} mangelt zur Vollständigkeit das mit L_n multiplicirte Glied

$$\frac{L_n}{\alpha^3}(u_{n+1} - 2u_n + u_{n-1})$$

und kann dieses zu den anderen hinzugefügt werden, sobald es $= 0$ ist. Es kommt also zu $u_n = 0$ noch die Bedingung, dass

$$\frac{L_n}{\alpha^3}(u_{n+1} - 2u_n + u_{n-1}) = \frac{L_n}{\alpha}\frac{d^2u}{dx^2} = 0$$

hinzu und diese zwei sind gleichbedeutend mit den Grenzbedingungen (21).

Sind endlich u_n und u_{n-1} zugleich nicht gegeben, so muss die aus P folgende Gleichung für u_n ergänzt werden durch

$$\frac{L_{n+1}}{\alpha^3}(u_{n+2}-2u_{n+1}+u_n)-\frac{2L_n}{\alpha^3}(u_{n+1}-2u_n+u_{n-1})$$
$$+\frac{M_{n+1}}{\alpha}(u_{n+1}-u_n)$$

und die Gleichung für u_{n-1} wie vorhin durch

$$\frac{L_n}{\alpha^3}(u_{n+1}-2u_n+u_{n-1})$$

und die Forderung, dass diese zwei Ergänzungen verschwinden, ist gleichbedeutend mit den Grenzbedingungen (22).

Die betrachteten drei Paare von Grenzbedingungen kann man auch in eines zusammenfassen. Bezeichnet man mit Q das Aggregat der Glieder, welche in P fehlen, sobald das $n$te Element das letzte ist, setzt also

$$\begin{aligned} Q=&\frac{L_{n+1}}{2\alpha^3}(u_{n+2}-2u_{n+1}+u_n)^2 \\ &+\frac{L_n}{2\alpha^3}(u_{n+1}-2u_n+u_{n-1})^2-\frac{M_{n+1}}{2\alpha}(u_{n+1}-u_n)^2 \end{aligned} \tag{25}$$

so folgen die Gleichungen (20), (21), (22) aus den zwei folgenden

$$\frac{dQ}{du_{n-1}}=0,\quad \frac{dQ}{du_n}=0 \tag{26}$$

Diese zwei Gleichungen drücken zunächst die Grenzbedingungen (22) aus. Sie sind aber auch noch erfüllt, wenn in Q sowohl $u_n=0$ als auch $u_{n-1}=0$ gesetzt wird, es sind dies die Grenzbedingungen (20). Endlich sind sie auch erfüllt, wenn in Q nur $u_n=0$ gesetzt und dann noch $\frac{dQ}{du_{n-1}}=0$ angenommen wird, dies ist der Fall der Grenzbedingungen (21).

Ausser den Bedingungen (20), (21), (22) gibt es noch andere, für welche der Ausdruck (18) verschwindet. Statt der Gleichungen (21), (22) kann man auch die allgemeineren

$$u=0,\quad L\frac{d^2u}{dx^2}=K\frac{du}{dx}$$

$$L\frac{d^2u}{dx^2}=K\frac{du}{dx},\quad \frac{d}{dx}\left(L\frac{d^2u}{dx^2}\right)+M\frac{du}{dx}=Hu. \tag{27}$$

schreiben, worin H und K beliebige Werthe haben können, und gehen diese Gleichungen in die früheren über, wenn $H=K=0$ gesetzt wird.

Diese neuen allgemeineren Bedingungen folgen in derselben Weise wie die früheren aus der Function P, wenn diese ausser den in (23) enthaltenen für alle Elemente durch dasselbe Gesetz gegebenen Gliedern noch specielle nur für das $n$te und $(n-1)$te giltige und zwar die beiden

$$-\frac{H}{2}u_n^2+\frac{K}{2\alpha^2}(u_n-u_{n-1})^2=R$$

enthält.

Die daraus resultirenden Bedingungen lassen sich wieder wie die früheren durch zwei Gleichungen darstellen, nämlich durch

$$\frac{d(Q+R)}{du_{n-1}}=0,\quad \frac{d(Q+R)}{du_n}=0$$

welche zunächst das zweite Paar der Gleichungen (27) darstellen, sie geben das erste Paar, wenn in $Q+R$ $u_n=0$ gesetzt wird.

XX. SITZUNG VOM 18. JULI 1872.

Der Secretär legt folgende eingesendete Abhandlungen vor:

„Über Kieselsäurehydrate", vom Herrn Prof. Dr. J. Gottlieb in Graz.

„Untersuchungen aus Prof. Lieben's Laboratorium an der k. k. Universität zu Prag, und zwar:

1. „Berichtigung einiger falscher Angaben über Entstehung von Chloroform", vom Herrn Ag. Bèlohoubek;
2. „Analyse eines als Hüttenproduct erhaltenen Magneteisensteins", vom Herrn Ottomar Völker;
3. „Analyse eines neuen Minerals, des Syngenits aus Kalusz", von demselben;
4. „Analyse des Epidots aus dem Untersulzbachthale in Salzburg", vom Herrn Franz Kottal.

Herr Hauptmann J. Gleissner zu M.-Weisskirchen berichtet mit Schreiben vom 21. Juni über einen an einem gemeinen Hasen *(Lepus timidus)* beobachteten Defect des Gehörorgans.

Herr Director Dr. J. Stefan legt eine Abhandlung des Herrn Dr. L. Boltzmann in Graz: „Über das Wirkungsgesetz der Molecularkräfte" vor.

Der klinische Vorstand, Herr Dr. L. v. Schrötter überreicht eine Abhandlung, betitelt: „Beobachtungen über Bewegung der Trachea und der grossen Bronchien mittelst des Kehlkopfspiegels".

Der Generalsecretär A. v. Schrötter legt einen Nachtrag zu der in der Sitzung vom 16. Mai gemachten Mittheilung über ein zweckmässiges Verfahren zur Gewinnung des Tellurs aus der Tellurschliche von Nagyág vor.

In der Gesammtsitzung am 20. Juli wurden folgende eingesendete Abhandlungen vorgelegt:

„Studien zur Physiologie des Herzens und der Blutgefässe. II. Abhandlung: „Über reflectorische Beziehungen des Magens zu den Innervationscentren für die Kreislauforgane“, von den Herren Dr. Sigm. Mayer und Dr. Alfr. Příbram, Privatdocenten in Prag.

„Beobachtungen und Reflexionen über den Bau und die Verrichtungen des sympathischen Nervensystems“, vom Herrn Dr. Sigm. Mayer.

„Über den Einfluss des Halsmarkes auf die Schlagzahl des Herzens“, vom Herrn Dr. Philipp Knoll, Privatdocenten in Prag.

„Über die Veränderungen des Herzschlages bei reflectorischer Erregung des vasomotorischen Nervensystems, sowie bei Steigerung des intracardialen Druckes überhaupt“, von demselben.

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Akademie, Südslavische, der Künste und Wissenschaften: Rad. Knjiga XX. U Zagrebu, 1872; 8⁰. — *Monumenta spectantia historiam Slavorum meridionalium. Vol. III.* U Zagrebu, 1872; 8⁰.

Apotheker-Verein, allgem. österr.: Zeitschrift. 10. Jahrgang, Nr. 20. Wien, 1872; 8⁰.

Bibliothèque Universelle et Revue Suisse: Archives des Sciences physiques et naturelles. N. P. Tome XLIV⁰, Nr. 174. Genève, Lausanne & Paris, 1872; 8⁰.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXV, Nr. 1. Paris, 1872; 4⁰.

Geschichte der Wissenschaften in Deutschland. Neuere Zeit. XI. Bd. Geschichte der Technologie von Karl Karmarsch. München, 1872; 8⁰.

Gesellschaft, geographische, in Wien: Mittheilungen. Bd. XV (neuer Folge V). Nr. 6. Wien, 1872; 8⁰.

Journal für praktische Chemie, von H. Kolbe. N. F. Band V, 10. Heft. Leipzig, 1872; 8⁰.

Loisel, Achille, Procédé appliqué pour remédier au bégaiement et à tous vices de prononciation. Rouen, 1872; 8⁰.

Lotos. XXII. Jahrgang. Juni 1872. Prag; 8⁰.

Nature. Nr. 141, Vol. VI. London, 1872; 4°.

Peabody Institute: Fifth Annual Report. Juni 6. 1872. Baltimore; 8°.

„Revue politique et littéraire“ et „La Revue scientifique de la France et de l'étranger“. IIe Année (2e Série), Nr. 2. Paris & Bruxelles 1872; 4°.

Société Impériale des Naturalistes de Moscou: Bulletin. Année 1872. Tome XLV, Nr. 1. Moscou; 8°.

— Botanique de France: Bulletin. Tome XVIIIe (1871). Comptes rendus 3; Revue bibliographique. D. Paris; 8°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXII. Jahrgang, Nr. 28. Wien, 1872; 4°.

Untersuchungen aus Prof. Lieben's Laboratorium an der k. k. Universität zu Prag.

1. Berichtigung einiger falscher Angaben über Entstehung von Chloroform.

Von **Ag. Belohoubek.**

Bekanntlich hat Prof. Lieben vor einiger Zeit nachgewiesen [1], dass reiner Methylalkohol, reine Essigsäure etc. mit Jod und Kali behandelt kein Jodoform liefern, während Äthylalkohol, Aldehyd, Aceton etc. unter solchen Umständen Jodoform geben. Es lag nun der Gedanke nahe, dass dieselben Körper, welche die Jodoformreaction zeigen, bei Behandlung mit Chlorkalk Chloroform liefern würden, dagegen jene, welche sie nicht zeigen, auch zur parallelen Reaction nicht geeignet seien, dass man sich also der Jodoformreaction bedienen könne, um zu beurtheilen, ob irgend eine Substanz zur Bereitung von Chloroform verwendbar sei oder nicht.

Mit diesen Voraussetzungen im directen Widerspruch stand jedoch die in allen Handbüchern verbreitete und vielfach durch die Praxis bestätigte Angabe, dass Methylalkohol mit Chlorkalk behandelt Chloroform liefert, ja sogar als wohlfeiles Material zur Darstellung von Chloroform in grossem Massstabe gelegentlich angewandt worden ist. Prof. Lieben forderte mich daher auf zu untersuchen, ob die Substanzen, welche nicht die Jodoformreaction zeigen, trotzdem bei Behandlung mit Chlorkalk Chloroform geben können, und speciell, ob dies auch bei reinem, aus Methyloxalat bereitetem Methylalkohol der Fall sei.

[1] Annalen der Chemie und Pharmacie, 7. Suppl. S. 218 und 377.

Die Angabe, dass Chloroform durch Behandlung mit Chlorkalk aus Methylalkohol erhalten wird, rührt ursprünglich von Dumas und Peligot [1] her; allein in diesem Falle war trotz der Verlässlichkeit dieser ausgezeichneten Chemiker insofern ein Zweifel möglich, als man in jener Zeit noch gar nicht mit der Schwierigkeit bekannt war, sich reinen Methylalkohol zu verschaffen, noch mit den Methoden, dies zu erreichen oder die Reinheit des Productes zu prüfen. Ich fing also damit an, reinen Methylalkohol aus Methyloxalat darzustellen, und, nachdem ich mich überzeugt hatte, dass derselbe nur eine äusserst schwache Jodoformreaction (die einer Spur noch immer anhängender Verunreinigung zuzuschreiben ist) gab, die Einwirkung von Chlorkalk darauf zu untersuchen. Für diesen Zweck hatte ich und auch mein College Nevole im hiesigen Laboratorium schon vorher eine Anzahl Versuche über die Einwirkung von Chlorkalk auf Äthylalkohol angestellt, um die zweckmässigste Art, Chloroform im kleinen darzustellen und zugleich die Ausbeute, die sich dabei erzielen lässt, kennen zu lernen. Bei Anwendung von 430 Gr. Chlorkalk (23·4%), Zusatz von 100 Grm. Kalk und 1·5 Liter Wasser wurden im Durchschnitt aus 100 CC. Äthylalkohol von $88\frac{1}{2}$%, die für jede einzelne Operation verwendet wurden, 31 Gr. Chloroform erhalten. Bei Arbeiten im grossen oder bei successiven Operationen, wo die noch Chloroform und Alkohol enthaltenden Destillate, die nach dem Chloroform übergehen, wieder neuerdings verarbeitet werden, lassen sich noch günstigere Resultate erzielen, doch kam dies für den vorliegenden Zweck nicht in Betracht.

Als 100 CC. eines durch Kochen mit Kalilauge, dann Behandeln mit Kalk gereinigten Holzgeistes in derselben Weise wie oben der Äthylalkohol mit Chlorkalk behandelt wurden, erhielt man 29 Grm. Chloroform. An der Thatsache, dass auf gewöhnliche Weise gereinigter Holzgeist Chloroform liefert, und zwar ungefähr ebenso wie Äthylalkohol, konnte also gar kein Zweifel sein.

Es wurden nun 100 CC. des reinen, aus dem Oxalat dargestellten, nur etwas wasserhaltigen Methylalkohols mit 430 Gr.

[1] Annalen der Pharmacie, Bd. 15, S. 9.

Chlorkalk, 100 Grm. Ätzkalk, 1500 CC. Wasser — ein zweites Mal 430 Grm. Chlorkalk, 215 Grm. Ätzkalk, 100 CC. Methylalkohol (wie oben) und 1500 CC. Wasser der Destillation unterworfen.

Das Product der ersten Destillation verhielt sich dem der zweiten bis auf den Geruch gleich, der im ersten Falle eine grössere Menge Chlor verrieth. Diesem Befunde conform verhielt sich auch der Destillationsrückstand. Die Ursache der Verschiedenheit ist einzig und allein der in der zweiten Operation vermehrten Kalkmenge zuzuschreiben. Beide Destillate wurden gemischt, mit Pottasche versetzt, und die sich oberhalb der Pottaschelösung abscheidende, specifisch leichtere Flüssigkeit abgehoben und destillirt.

Diese Flüssigkeit, wie auch das ursprüngliche Destillat, besass nicht im geringsten den Geruch oder Geschmack von Chloroform. Mit Kalk entwässert kochte die Flüssigkeit bei 65—65·5° C., schmeckte alkoholisch feurig, mischte sich ohne Trübung mit Wasser in jedem Verhältniss und bestand also ohne Zweifel aus unverändertem Methylalkohol. Beim Verbrennen einiger Tropfen dieser Flüssigkeit war eine grüne Randfärbung der Flamme nicht sichtbar, die Flüssigkeit verbrannte rasch und leicht ohne zu russen. Eine weitere qualitative Prüfung auf Chlor blieb ohne Erfolg. Es lag also kein Chloroform vor und somit ist erwiesen, dass reiner Methylalkohol, der die Jodoformreaction nicht zeigt, bei Behandlung mit Chlorkalk auch kein Chloroform gibt. Der gewöhnliche Methylalkohol liefert Chloroform nur in Folge von Verunreinigungen (Aceton, Äthylalkohol, etc.)

An die vorstehende Untersuchung schloss sich naturgemäss noch eine zweite, nämlich die Prüfung der Einwirkung von Chlorkalk auf Methyloxalat. Man musste zwar nach Vorstehendem für sehr wahrscheinlich halten, dass auch in diesem Falle kein Chloroform entstehen würde, aber eine experimentelle Prüfung erschien doch noch erforderlich, nachdem die bestimmte Angabe von Schlagdenhauffen[1] vorliegt, dass eine Anzahl von Methylätherarten, worunter auch Methyloxalat genannt ist, bei Behandlung mit Chlorkalk und Kalk in Gegenwart von Wasser

[1] Jahresbericht der Chemie f. 1859, S. 448.

Chloroform liefern. Es wurden zwei Operationen gemacht, indem einmal Methyloxalat 45 Grm., Chlorkalk 110 Grm., Wasser 320 CC. — ein anderes Mal Methyloxalat 44 Grm., Chlorkalk 110 Grm., Ätzkalk 30 Grm., Wasser 320 CC., für sich destillirt wurden. Bei der ersten Operation entwickelte sich eine beträchtliche Menge Chlor. Die beiden Destillate trübten sich beim Vermischen mit Wasser nicht und schieden keine specifisch schwerere Schicht ab. Beide Flüssigkeiten wurden nun vereinigt mit Pottasche versetzt, die alkoholische Schicht abgeschieden, getrocknet und destillirt. Der Siedepunkt der Flüssigkeit lag bei 65° C.

Die Flüssigkeit mischte sich wiederum mit Wasser in jedem Verhältniss, ein Chlorgehalt liess sich nicht nachweisen, und folglich bestand sie auch nicht aus Chloroform, sondern höchst wahrscheinlich aus Methylalkohol. Die Rückstände bei den ursprünglichen Destillationen enthielten viel oxalsauren Kalk.

Unter den Körpern, welche mit Chlorkalk nach den vorhandenen Angaben Chloroform liefern, erschien noch besonders auffallend die Essigsäure, deren Salze nach Bonnet[1] bei solcher Behandlung Chloroform liefern sollen.

Es ist klar, dass essigsaure Salze mit Chlorkalk zusammen bei Ausschluss von Wasser der trockenen Destillation unterworfen, Chloroform liefern müssen, weil nothwendiger Weise dabei Aceton entsteht, an dessen Umsetzung zu Chloroform durch Chlorkalk gar kein Zweifel bestehen kann. In der That hat ja Lieben gefunden, dass Aceton mit Jod und Kali sehr reichlich Jodoform gibt. Es war daher für den hier verfolgten Zweck nur von Interesse zu erforschen, ob essigsaure Salze mit Chlorkalk bei Gegenwart von Wasser der Destillation unterworfen, Chloroform geben, denn dies würde im Widerspruche mit der Beobachtung stehen, dass die Acetate mit Jod und Kali kein Jodoform geben. Ich stellte nun zwei Versuche mit essigsaurem Natron an, welches bei der Prüfung die Jodoformreaction nicht gab. Beim ersten Versuche mischte ich 130 Grm. essigsaures Natron, 435 Grm. Chlorkalk und 1500 CC. Wasser, — beim zweiten Versuch 65 Grm. essigsaures Natron, 220 Grm. Chlorkalk,

[1] J. pr. Chem. 10. 207.

50 Grm. Ätzkalk und 1200 CC. Wasser, und erhitzte wie immer anfangs im Wasser- schliesslich im Sandbade.

Die Destillation war wegen steten Schäumens eine recht beschwerliche. Immerhin erhielt ich mehrere Gramme einer Flüssigkeit, die sich mit Wasser ohne Trübung mischte und nicht brennbar war, daher offenbar kein Chloroform enthielt.

Nach diesen Beobachtungen über Einwirkung von Chlorkalk auf Methylalkohol, Methyloxalat und Essigsäure darf man es als sehr wahrscheinlich betrachten, dass diejenigen Körper, welche die Jodoformreaction nicht geben, auch nicht im Stande sind, Chloroform bei der Behandlung mit Chlorkalk zu liefern.

Ich schliesse diese kleine Arbeit, indem ich Herrn Professor Lieben für seinen freundlichen Rath und für seine Unterstützung bei Ausführung der vorliegenden Untersuchungen meinen Dank ausspreche.

2. Analyse eines als Hüttenproduct erhaltenen Magneteisensteines.

Von Ottomar Völker.

Herr Professor Lieben überliess mir ein aus der Hütte zu Prevali in Kärnthen stammendes Mineral (dem Anscheine nach Magneteisenstein) zur Untersuchung, welches ihm Herr Oberbergrath v. Zepharovich übergeben hatte. Dasselbe war in einer Kluft des aus Quarz und Thon hergestellten Bodensteines des Coakhochofens von Prevali gefunden worden und hatte sich ohne Zweifel dort gebildet. Es bestand aus stahlgrauen, innig mit einander verwachsenen schönen Krystallen, welche, da stets nur einzelne Flächen der Beobachtung zugänglich waren, einer sicheren krystallographischen Deutung grosse Schwierigkeiten boten.

Es zeigte sich stark magnetisch. Sein spec. Gewicht = 5·63. Die qualitative Untersuchung des Minerals, das gepulvert sammtschwarz erschien, ergab neben Eisenoxydul und Eisenoxyd Spuren von Mangan; auch blieben leichte grauweisse Flocken (wohl Kieselsäure oder Silicat) beim Auflösen in Säure zurück, doch nur in so äusserst geringer Menge, dass sie nicht näher untersucht werden konnten.

Quantitativ bestimmte man die Bestandtheile folgendermassen. Das Pulver wurde durch längere Zeit behufs der Entfernung von hygroskopischem Wasser bis zur constanten Wägung im Exsiccator über Schwefelsäure aufbewahrt. Dann übertrug man 0·1166 Gr. der Substanz in einen getrockneten Kolben, der sowohl vor als während der Operation zur Entfernung und Abhaltung atmosphärischer Luft mit Kohlendioxyd gefüllt erhalten wurde.

Hier wurde das Mineral unter gelindem Erwärmen in Chlorwasserstoffsäure gelöst, die Lösung nach dem Erkalten in ein

Becherglas gebracht, worin sich durch Schwefelsäure schwach angesäuertes destillirtes Wasser befand und mittelst Chamäleonlösung titrirt. In den angewandten 0·1166 Gr. des Magneteisensteines wurde 0·072398 Fe, entsprechend 0·093083 FeO gefunden, woraus man 62·09% Eisen oder 79·83% Eisenoxydul berechnet.

In derselben Flüssigkeit ermittelte man ferner noch die Gesammtmenge des im Minerale enthaltenen Eisens in der Art, dass nach vollständiger Entfärbung derselben das Eisen in Form basisch essigsauren Salzes ausgefällt wurde. Man fand 0·127 Gr. Eisenoxyd entsprechend 0·0889 Fe oder 76·243% Eisen.

Um nun die Menge des in dem Magneteisen enthaltenen Eisensesquioxydes auf eine directere Weise als blos durch die Differenz der eben mitgetheilten Daten zu ermitteln, und zugleich um eine Controlle zu erlangen, wurde eine andere Partie des Minerales in einem verschlossenen Fläschchen mit Chlorwasserstoffsäure und Jodkalium im Wasserbade erwärmt. Dabei erfolgt bekanntlich die Reaction nach folgender Gleichung:

$$Fe_2O_3+6HCl+6KJ = 2FeJ_2+3H_2O+6KCl+2J,$$

während das vorhandene Eisenoxydul keinen störenden Einfluss ausübt. Darnach entsprechen je 2J einem Fe_2O_3; man braucht daher nur die Menge des ausgeschiedenen Jodes zu ermitteln, um den Gehalt an Eisensesquioxyd kennen zu lernen. Es wurde Bunsen's treffliche Methode der Jodbestimmung angewendet, indem zu der erhaltenen Lösung von ausgeschiedenem Jod im Jodkalium so viele Flaschen einer verdünnten wässerigen Lösung von Schwefeldioxyd gefügt wurden, bis vollständige Entfärbung eintrat. Die Beziehung jedoch eines Fläschchens der Schwefeldioxydlösung zu einer Jodlösung von bekanntem Gehalte war bereits vor dem Versuche festgestellt worden.

Um den Überschuss zugesetzten Schwefeldioxyds zu erfahren, versetzte man obige entfärbte Flüssigkeit mit verdünntem Stärkekleister und titrirte mit der Jodlösung von bekanntem Gehalte zurück.

0·3367 Gr. des Magneteisensteins schieden bei dem obigen Verfahren 0·1074785 Gr. Jod aus, entsprechend 0·0677029 Eisensesquioxyd oder 20·107%, das gleichkommt 14·074% Eisen.

Zusammengestellte Resultate:

Gefundene Gesammtmenge des Eisens		76·243%.
Berechnete Menge des Eisens:		
aus Eisenoxydul	62·091%	
aus Eisenoxyd	14·074%	76·165%
	Differenz . .	0·078%.

Der Magneteisenstein besitzt daher die Zusammensetzung:

79·831%	FeO	oder	76·2% Fe
20·107	Fe_2O_3		23·8% O
99·938			100·0

Das Vorkommen von krystallisirtem Magneteisenstein als Eisenhüttenproduct ist bereits bekannt und mehrfach erwähnt worden. Es scheint jedoch, dass seine Zusammensetzung, in den Fällen, wo sie überhaupt ermittelt wurde, mit derjenigen des natürlichen Minerals, d. h. mit der Formel Fe_3O_4 übereinstimmte. Das vorliegende, von H. Völker analysirte künstliche Mineral weicht dagegen von den beiden als selbstständig existirend angenommenen Eisenoxyduloxyden, nämlich von dem gewöhnlichen Magneteisen Fe_3O_4 = FeO, Fe_2O_3 und von dem Hammerschlag $Fe_8O_9 = (FeO)_6 Fe_2O_3$ (von einigen Chemikern wird die Formel $Fe_6O_7 = (FeO)_4 Fe_2O_3$ angenommen) in seiner Zusammensetzung beträchtlich ab. Auch ist das spec. Gewicht höher, was sich durch den grösseren Eisengehalt erklärt.

Der gefundenen Zusammensetzung entspricht die Formel $Fe_{11}O_{12} = (FeO)_9 Fe_2O_3$, wie folgende Zusammenstellung zeigt:

	Berechnet	Gefunden
9FeO	80·2	79·83
Fe_2O_3	19·8	20·11
	100·0	99·94

Die Constitution dieses Körpers lässt sich, wie mir scheint, durch das folgende Schema verdeutlichen

$$\overset{VI}{Fe_2}\begin{cases} O-Fe-O \\ O-Fe-O \end{cases}\!\!>Fe \quad \begin{cases} O-Fe-O \\ O-Fe-O \end{cases}\!\!>Fe \quad \begin{cases} O-Fe-O \\ O-Fe-O \end{cases}\!\!>Fe.$$

Diese Formel erscheint freilich etwas complicirt; aber man kann anderseits das untersuchte wohlkrystallisirte Mineral unmöglich für ein

blosses Gemenge halten und man wird sich überhaupt allmälig an den G danken gewöhnen müssen, dass die unorganischen Verbindungen wie d organischen gelegentlich complicirte Formeln haben. Ein sehr evident Beispiel dafür liefern die Silicate.

Die Constitution des gewöhnlichen Magneteisens und des Hamme schlages, wofern letzterer überhaupt eine bestimmte Verbindung und nic ein Gemenge ist, lässt sich ähnlich wie oben in folgender Weise deuten:

Magneteisen

```
      ⫽ O
VI   ⫽ O
(Fe₂) — O ＞ Fe
      ╲ O
```

Hammerschlag

```
       ╱ O — Fe ＞ O
      ╱  O — Fe
VI    ╱ O — Fe ＞ O
(Fe₂) — O — Fe
      ╲ O — Fe ＞ O
       ╲ O — Fe
```

Ad. Lieben.

3. Analyse eines neuen Minerales des Syngenites aus Kalusz.

Von Ottomar Völker.

Auf Sylvin-Drusen von Kalusz (Galizien) hat Herr Obergrath v. Zepharovich schöne Krystalle eines Minerals gefunden, das man für Polyhalit halten konnte, das aber, wie die folgende Analyse zeigte, eine andere Zusammensetzung besitzt und daher als ein neues Mineral zu betrachten ist.

Zepharovich hat ihm den Namen Syngenit beigelegt und im Junihefte der Zeitschrift „Lotos" 1872, pag. 137 eine Notiz darüber veröffentlicht, worin namentlich die physikalischen und krystallographischen Eigenschaften des neuen Minerales beschrieben werden.

Ich beschränke mich daher hier nur auf Mittheilung der Analyse, die ich auf Veranlassung Prof. Lieben's in dessen Laboratorium ausführte. Die qualitative Untersuchung des in farblosen Krystallen vorliegenden Minerales liess Kalk, Magnesia, Kali, Schwefelsäure und Wasser als seine Bestandtheile erkennen.

Bei der Durchführung der quantitativen Analyse des bei 100° bis zur constanten Wägung getrockneten weissen Pulvers des Minerales verfuhr man in der Art, dass dasselbe in verdünnter Chlorwasserstoffsäure vollständig gelöst, aus der Lösung der Kalk als oxalsaurer Kalk gefällt und abfiltrirt wurde. Den Niederschlag löste man abermals in Salzsäure und fällte auf gleiche Weise den Kalk, worauf das Oxalat gut gewaschen, getrocknet, schliesslich in Carbonat übergeführt und gewogen wurde.

0·743 Gr. der Substanz gaben 0·2252 $CaCO_3$, entsprechend 0·126112 Gr., d. i. 16·97% CaO. Die Filtrate wurden zur Bestimmung der Schwefelsäure nach dem Ansäuern heiss, mit Baryumchlorid gefällt; das entstandene Baryumsulfat abfiltrirt,

gewaschen, geglüht und gewogen. Erhalten 1·0612 Gr. $BaSO_4$ entsprechend 0·36436 Gr. SO_3 oder 49·04% SO_3.

Nach Entfernung des überschüssigen Barytsalzes mittelst Schwefelsäure wurde das Filtrat im Wasserbade eingeengt und darin mittelst phosphorsauren Ammons die Magnesia gefällt; der Niederschlag von phosphorsaurer Ammonmagnesia durch Filtration abgeschieden, geglüht, als pyrophosphorsaure Magnesia gewogen, ergab 0·0095 Gr. $Mg_2P_2O_7$ entsprechend 0·00342 MgO oder 0·46% MgO.

Das letzterhaltene Filtrat musste zur Vertreibung der Ammonsalze eingedampft, der Rückstand geglüht werden, worauf letzterer mit Wasser aufgenommen, mit Chlorwasserstoffsäure und Platinchlorid versetzt, abermals eingedampft und in Wasser gelöst wurde.

Man setzte alsdann Platinchlorid und Alkohol zu, filtrirte den ausgeschiedenen Niederschlag von Kaliumplatinchlorid ab, wusch aus und wog nach dem Trocknen. Man fand 1·0716 Gr. $2KCl + PtCl_4$ entsprechend 0·2066 K_2O oder 27·80% K_2O.

Da jedoch bei nochmaligem Eindampfen der Waschwässer und des Filtrates eine weitere Ausscheidung von Kaliumplatinchlorid erfolgte, wurde dies auf ein kleines Filter gebracht, im Porzellantiegel geglüht und aus dem Rückstande 0·0062 Gr. $2KCl + Pt$ berechnet: 0·23% K_2O.

0·432 Gr. des bei 100° getrockneten Minerals verloren beim Glühen im Platintiegel 0·0251 Gr. entsprechend 5·81% Wasser.

Aus diesen Daten ergibt sich die Zusammensetzung des Minerales:

CaO	=	16·97
MgO	=	0·46
K_2O	=	28·03
SO_3	=	49·04
H_2O	=	5·81
		100·31.

Die erhaltenen Resultate entsprechen, wenn man von dem kleinen Magnesiagehalte absieht, der Formel:

$$CaSO_4 + K_2SO_4 + H_2O.$$

welche verlangt in 100 Theilen:

CaO....	17·06
K_2O....	28·70
SO_3....	48·75
H_2O....	5·48
	99·99.

Man sieht daraus, dass das neue Mineral zwar vom Polyhalit verschieden ist, aber doch demselben nahesteht. Man braucht sich blos in der Formel des Polyhalit $2CaSO_4+MgSO_4+K_2SO_4+2H_2O$ die $MgSO_4$ durch K_2SO_4 ersetzt zu denken und dann durch 2 zu theilen, um zu der Formel des Syngenit zu gelangen.

Ein Doppelsulfat von der gefundenen Zusammensetzung ist übrigens bereits von Phillips[1] beschrieben und von Miller sowie von Lang krystallographisch und optisch untersucht worden. Dasselbe war gelegentlich der Fabrikation von Weinsäure aus Weinstein als Nebenproduct erhalten worden. Als Mineral wurde es aber, so viel bekannt, jetzt zum erstenmale gefunden. Ich beabsichtige übrigens die künstliche Darstellung desselben zu versuchen.

[1] Jahresber. d. Chemie f. 1850, S. 298.

4. Analyse des Epidots aus dem Untersulzbachthale in Salzburg.

Von **Franz Kottal.**

(Fortsetzung zu den Untersuchungen aus Prof. Lieben's Laboratorium.)

Die prachtvollen Epidotcrystalle, welche auf der Knappenwand im obersten Theile des Untersulzbachthales im Pinzgau (Salzburg) erst vor kurzer Zeit gefunden wurden, haben die Aufmerksamkeit der Mineralogen in hohem Grade auf sich gezogen; auch sind bereits zwei Analysen derselben von Drasche und von Rammelsberg ausgeführt worden.

Da indessen diese Analysen nur wenig unter einander stimmen, schien eine dritte Analyse immer noch von Interesse. Die schönen durchsichtigen Crystalle, welche das Material zur vorliegenden, in Professor Lieben's Laboratorium ausgeführten Untersuchung abgaben, verdanke ich der Güte des Herrn Obergrathes v. Zepharovich.

Ihr specifisches Gewicht betrug 3·51.

Die Analyse wurde nach bekannten Methoden ausgeführt und die meisten Bestimmungen zwei- bis dreimal wiederholt.

Hier sei nur erwähnt, dass die übrigens sehr geringe Menge von Eisenoxydul im Mineral in der Weise bestimmt wurde, dass der fein gepulverte Epidot in einer vorher mit Kohlensäure gefüllten, zugeschmolzenen Glasröhre mit concentrirter Salzsäure durch mehrere Stunden auf 200° erhitzt wurde; das gelöste Ferrosalz wurde dann mit den nöthigen Vorsichten mittelst titrirter Chamäleonlösung bestimmt.

Die Wasserbestimmung wurde durch Glühen der vorher bei 100° getrockneten Substanz im Kohlensäurestrom ausgeführt.

Qualitativ liessen sich Spuren von Mangan erkennen.

Die folgende Zusammenstellung zeigt die erhaltenen Resultate:

	I.	II.[1]	III.[1]	Im Mittel
SiO_2	36·96	37·22	36·80	37·00
Al_2O_3	—	—	22·10	22·10
Fe_2O_3 ...	13·80	14·00	14·33	13·80
FeO	0·33 ...	(als Fe_2O_3)	(als Fe_2O_3)	0·33
CaO	25·28	25·38	24·80	25·15
MgO	0·03	—	—	0·03
H_2O	0·26	—	—	0·26
				98·67

Zur Vergleichung führe ich noch die oben citirten Analysen desselben Minerals an:

	Drasche[2]	Rammelsberg[3]	
SiO^2	38·37	39·59	39·64
Al_2O_3	22·09	20·77	
Fe_2O_3	13·77	14·99	
FeO	0·88	—	
CaO	17·94	24·53	
MgO	4·08	Spur	
H_2O	2·11	0·29	
	99·24	100·17	

Man sieht daraus, dass die Zusammensetzung der Epidotcrystalle von dem angegebenen Fundort nicht immer genau dieselbe ist, dass sie aber doch nur innerhalb enger Grenzen schwankt.

---

[1] In Anal. II. u. III wurde ohne Rücksicht auf Oxydul alles Eisen als Sesquioxyd bestimmt.

[2] Jahrb. für Miner. u. s. w. 1872.

[3] Zeitschr. d. deutsch. geolog. Ges. 1872.

Über Kieselsäurehydrate.

Von dem w. M. Dr. J. Gottlieb.

Als ich im Jahre 1863 die Klausenquelle nächst Gleichenberg analysirte (diese Berichte B. 49) und fand, dass die Kieselsäure den vorwiegenden Bestandtheil dieses, an fixen Stoffen so sehr armen Mineralwassers bildet, wurde mir die Frage nahegelegt, welche Zusammensetzung das Hydrat der Kieselsäure haben mag, welches beim Eindampfen des Wassers und Trocknen des Rückstandes bei 180—200° C. zurückbleibt. Ich habe diesfalls Versuche angestellt, die ich bald auf die Zusammensetzung der Kieselsäurehydrate überhaupt auszudehnen mich veranlasst fand, umsomehr als ich aus den, bis dahin vorliegenden Untersuchungen ersehen konnte, dass die Frage geradezu noch unerledigt ist.

Indem ich mir vorbehalte auf die von Andern ausgeführten diesfälligen Untersuchungen zurückzukommen, hebe ich zunächst hervor, dass ich die grossen Schwierigkeiten, welche die Bestimmung des Wassergehaltes von Kieselsäurehydrat begleiten und zum Theil schon von anderen hervorgehoben wurden, sehr bald zu würdigen in die Lage kam und mich vor Allem bemühte, Mittel aufzusuchen, um selbe möglichst zu beseitigen.

Dass die Art der Darstellung des Hydrates auf seine Beschaffenheit und Zusammensetzung von wesentlichstem Einflusse ist, konnte mir bei meinen diesfälligen Versuchen nicht entgehen und lag es überhaupt sehr nahe, anzunehmen, es sei sehr schwer, vielleicht selbst gar nicht möglich, Kieselsäure, welche aus Silicaten mittelst Säuren abgeschieden wurde, von den letzten Spuren der ursprünglich damit verbunden gewesenen Basen zu befreien. Ich habe mich daher nach zahlreichen, vorläufigen Versuchen

darauf beschränkt, die Zusammensetzung der aus Fluorsilicium durch Wasser abgeschiedenen Säure zu untersuchen, wie dies fast alle Chemiker gethan, welche sich bis dahin mit diesem Gegenstande eingehender beschäftigt hatten.

Von diesen wird mit Recht als ein wesentliches Hinderniss der Erlangung von zuverlässigen Daten die eminent hygroskopische und so ausserordentlich lockere Beschaffenheit der Säure bezeichnet. Ich fand, dass diese beiden störenden Eigenschaften in der That fast unüberwindliche Schwierigkeiten bei den betreffenden Gewichtsbestimmungen darbieten. So ist es geradezu unmöglich, die pulverförmige Säure aus dem Gefässe, in welchem sie getrocknet wurde, ohne Verlust durch Verstäuben in den Platintiegel zu übertragen, wo sie geglüht werden soll. Das Verschliessen des Gefässes, in welchem die Säure gewogen werden soll, muss ferner mit der grössten Schnelligkeit stattfinden, wenn man während desselben die Aufnahme einer merklichen Menge Wasser vermeiden will. Die Neigung der Kieselsäure, Wasser anzuziehen, ist so gross, dass selbst nur lufttrockenes, fein vertheiltes Hydrat beim Befeuchten mit Wasser Wärme entwickelt, ohne dass hier wohl im Entferntesten an die Bildung eines wasserreicheren Hydrates gedacht werden kann.

Ich bemühte mich, die erwähnten Schwierigkeiten möglichst dadurch zu beseitigen, dass ich die mit der grössten Sorgfalt bereitete und sehr vollständig gewaschene Säure in noch feuchtem Zustande zu kleinen, runden und ziemlich flachen Kuchen formte, indem ich sie in den Cylinder einer, den gewöhnlichen Stahlmörsern nachgeahmten, aus Buchsholz gedrehten Vorrichtung füllte und dann mittelst anfangs leichten, später stärkeren Hammerschlägen zu einer ziemlich fest zusammenhängenden Masse presste, welche in mässiger Wärme etwas besser getrocknet, durch Abblasen von allen locker anhaftenden Theilchen befreit, sofort ohne Verlust aus einem Gefässe in das andere rasch überleert werden konnte.

Das Glühen des Hydrates geschah ohne vorhergegangenes Befeuchten immer in geräumigen Platintiegeln und wurden diese anfangs sehr vorsichtig, später stärker und schliesslich anhaltend über dem Gasgebläse erhitzt.

Das Trocknen im Exsiccator über Schwefelsäure fand auf sehr gut passenden Uhrschälchen statt und wurde sehr sorgfältig auf einen vollen Verschluss Bedacht genommen. Ich habe das Verweilen der Säure in den Exsiccatoren auf weit grössere Zeiträume ausgedehnt als, bei gleichem Anlasse, bis dahin von anderen Chemikern angewendet wurden und inzwischen keine Wägungen vorgenommen, so dass die ganze Zeit über der Exsiccator nicht geöffnet wurde.

Bei diesen Versuchen gaben, nach dem Trocknen durch:

I. 117 Tage 0·879 Grm. Säure 0·0568 Grm. Wasser entsprechend 6·45%

II. 118 Tage 0·985 Grm. Säure 0·0603 Grm. Wasser entsprechend 6·12%

III. 120 Tage 0·7606 Grm. Säure 0·0471 Grm. Wasser entsprechend 6·19%

IV. 122 Tage 0·988 Grm. Säure 0·0598 Grm. Wasser entsprechend 6·06%

V. 140 Tage 0·7858 Grm. Säure 0·0481 Grm. Wasser entsprechend 6·12%

VI. 172 Tage 0·805 Grm. Säure 0·0478 Grm. Wasser entsprechend 5·94%

Im Mittel enthält also diese Säure 6·13 Procente Wasser.

Bei meinen diesfälligen Vorversuchen erkannte ich bald, dass die gewöhnlichen Vorrichtungen, welche zum Trocknen bei 100° C. dienen, im vorliegenden Falle unzureichend sind, um die Säure vor Gewichtszunahme in Folge neuerlicher Aufnahme von Wasser bei Veränderungen des Feuchtigkeitszustandes der Luft zu bewahren. Ich habe desshalb einen Apparat herstellen lassen, welcher es gestattet, die Substanzen in einem Strome von mittelst Schwefelsäure möglichst getrockneter Luft beliebig lange und mit den nöthigen Unterbrechungen zu erwärmen, ohne dass von Aussen feuchte Luft in denselben einzudringen vermag.

Dieser Apparat besteht aus einem aus starkem Kupferblech mittelst Hartloth hergestelltem viereckigem Kasten von 0.34 Met. Länge, 0·20 Met. Breite und 0·19 Met. Höhe. Dieser ist mit einem starken, ebenen Rande versehen, auf welchem mittelst eines Messingrahmens und 26 starken Schrauben eine 0·012 Met. dicke Messingplatte befestigt ist, worin zu beiden Seiten zwei weite Tu-

buli eingefügt sind. Sie dienen, um den Kasten beliebig füllen und entleeren zu können, wenn er als Wasserbad oder mit anderen Flüssigkeiten beschickt, verwendet werden soll und zur allfälligen Aufnahme eines Thermometers. So eingerichtet kann der Kasten als Wasser- und Luftbad u. s. w. benützt werden. In der erwähnten Messingplatte ist ferner ein zweiter kleinerer, massiver Messingkasten eingesenkt und mittelst Hartloth befestigt, dessen innere Länge 0·24, die Breite 0·15 und Tiefe 0·15 Met. beträgt und dessen breiter 0·015 Met. starker Rand sehr sorgfältig abgeschliffen und mit einem sehr genau passenden Deckel versehen ist. In letzterem befinden sich zwei conisch geschliffene Tubuli, von welchen der erste eine rechtwinkelig gebogene, starke Messingröhre aufnimmt, welche nur wenig unter den Deckel reicht und deren äussere Schenkel mit einer conischen Erweiterung versehen ist, so dass leicht ein durchbohrter Pfropf darin die zum Einführen der Luft dienende Glasröhre aufnehmen kann. Die zweite gleichfalls rechtwinkelig gebogene Messingröhre reicht bis nahe zum Boden des inneren Raumes, ist noch mit einem besonderen Hahne und gleichfalls mit einer conischen Erweiterung u. s. w. versehen. Sie dient zum Ableiten der durch den Apparat gesaugten Luft. Der mit diesen Leitungsröhren versehene Deckel lässt sich mittelst zwischengelegter Bleifolie und zehn sorgfältig gearbeiteten Klemmschrauben, welche übrigens ihren Druck nicht unmittelbar, sondern mittelst eines eingeschalteten Stahlrahmens auf die Fläche des Deckels ausüben, völlig luftdicht befestigen. Beim Gebrauche dieses Apparates werden die Substanzen in dem beschriebenen Trockenraume der entsprechenden Temperatur und zugleich einem langsamen stetigen Strome trockener Luft ausgesetzt. Zu diesem Behufe wirkt an dem mit einem Hahne versehenen Rohre ein Saugapparat, während das zweite Einsatzrohr die, zuvor durch eine hohe Schicht von mit Schwefelsäure getränkten Bimssteinstückchen getrocknete Luft eintreten lässt. Soll die Thätigkeit des Apparates unterbrochen werden, so schliesst man den Hahn, welcher die Communication mit dem Saugapparate vermittelt, wornach während des Abkühlens nur ganz trockene Luft eintreten kann.

Bei Benützung des Apparates zum Trocknen der Kieselsäure wurde sorgfältig darauf geachtet, die Bewegung der Luft sehr mässig zu erhalten, um stets möglichst entwässerte Luft in den Apparat zu schaffen, da bei der so ausserordentlich hygroskopischen Eigenschaft der Säure die Gefahr sehr nahe liegt, den Erfolg eines mehrtägigen Trocknens durch Eintreten von etwas feuchter Luft binnen einer halben Stunde wieder einzubüssen. Die Kieselsäure befand sich in Glaskölbchen, deren gut eingeriebene Stöpsel beigelegt waren, um sie beim Öffnen sehr rasch einsetzen zu können. Die geschlossenen Kölbchen brachte ich rasch unter einen Exsiccator über Schwefelsäure, um sie, sobald sie abgekühlt waren, sofort zu wägen. Dies geschah in Zwischenräumen von 3—4 Tagen, bis endlich keine Gewichtsabnahme beobachtet werden konnte, was durchschnittlich nach vier Wochen eintrat.

Dabei wurden folgende Resultate erhalten:

1·4955	Gr. Säure	gaben	0·0685	Gr. Wasser	entsprechend	4·58%
1·4305	„	„	„	0·0631	„	„	„ 4·41 „
0·9922	„	„	„	0·044	„	„	„ 4·43 „
1·7958	„	„	„	0·0822	„	„	„ 4·57 „
1·1180	„	„	„	0·0699	„	„	„ 4·30 „

Im Mittel wurden somit 4·47 Pct. Wasser gefunden.

Von diesen Zahlen weichen kaum jene ab, welche ich mit Kieselsäure erhielt, die bei 130—140° C. getrocknet worden war. Ich bediente mich dadei eines gewöhnlichen Luftbades nach Fresenius und eines Gasregulators, welcher im Kleinen nach dem Systeme der in den Gasfabriken verwendeten eingerichtet ist. Diese Beobachtungen stellte ich nur als Vorversuche an, bevor ich das Trocknen bei 100° in dem oben beschriebenen Wasserbade vornahm und sie erhielten erst durch Vergleichung mit den obigen Resultaten einiges Interesse.

Die Säure wurde auch hier kuchenförmig angewendet, aber zwischen Uhrgläsern gewogen.

1·5622	Gr. Säure	geben	0·0742	Gr. Wasser	entsprechend	4·75%
1·599	„ „	„	0·0740	„ „	„	4·63 „
1·9218	„ „	„	0·0848	„ „	„	4·42 „
2·2527	„ „	„	0·094	„ „	„	4·18 „

Es wurden demnach im Mittel 4·49 Pct. Wasser erhalten, während die bei 100° C. getrocknete Säure 4·47 Pct. Wasser enthielt. Dagegen war aber schon eine merkliche Verminderung des Wassergehaltes bei Kieselsäure wahrzunehmen, welche, unter übrigens gleichen Umständen, zwischen 180 und 200° C. getrocknet worden war.

Von dieser gaben:

1·8345 Gr.	Säure	0·0795 Gr.	Wasser.	entsprechend	4·34%
1·7893 „	„	0·0740 „	„	„	4·14 „
1·8707 „	„	0·0770 „	„	„	4·12 „
2.0582 „	„	0·0887 „	„	„	4·31 „
2·1080 „	„	0·0860 „	„	„	4·08 „
2·0467 „	„	0·0819 „	„	„	4·00 „
1·8846 „	„	0·0773 „	„	„	4·10 „

im Mittel also 4·19 Procente.

Es sei mir gestattet, nach Anführung der obigen Daten, die Resultate in Kürze anzuführen, welche andere Chemiker bei analogen Untersuchungen über Kieselsäurehydrate erhielten, wobei vorwiegend jener Versuche gedacht werden soll, welche mit gleichem Material, wie die oben mitgetheilten erhalten wurden.

Die älteste Arbeit über diesen Gegenstand wurde von Doveri (Annales de Chimie et physique troisième série, T. XXI.) veröffentlicht. Die Beurtheilung, welche sie allseitig erfuhr, überhebt mich der Mühe, auf die von diesem Chemiker gefundenen Zahlen näher einzugehen.

Fuchs veröffentlichte 1852 in Liebig's Annalen Bd. 82 eine Abhandlung, welche an jene Doveri's anknüpft und sich mit, über Schwefelsäure im Exsiccator und bei 100° getrockneter aus Fluorsilicium gewonnener Säure beschäftigt. Über das Verfahren beim Trocknen äussert sich Fuchs nicht näher und dürften daher dabei keine besonderen Vorsichten und Apparate verwendet worden sein. Er brachte jedoch zuerst den Kunstgriff in Anwendung, die gewogene Säure vor dem Glühen zu befeuchten und dann bei 100° C. zu trocknen, um das Verstäuben derselben beim nachherigen Erhitzen möglichst zu verhindern.

In dem durch 30 Tage über Schwefelsäure getrockneten Hydrate fand er im Mittel von drei nahe übereinstimmenden Ver-

suchen 9·3 Procente Wasser. In der bei 100° C. durch 18 Tage getrockneten Säure fand Fuchs im Mittel von sechs sehr nahe übereinstimmenden Versuchen 6·75 Pct. Wasser.

Merz wurde durch die so wenig übereinstimmenden Resultate der von Doveri und Fuchs ausgeführten Untersuchungen veranlasst, neue Wasserbestimmungen des Kieselsäurehydrates auszuführen, wobei er sich, gleich Fuchs, ausschliesslich der aus Fluorsilicium erhaltenen Säure bediente. (Journal für practische Chemie Bd. 99.) In der wochenlang über Schwefelsäure gestandenen Kieselsäure fand er 8·08 bis 8.66 Pct. Wasser. In der bei 100° C. getrockneten Säure fand Merz 6·17 und 6·31 Pct. Wasser, welche Zahlen sich den unter gleichen Umständen von Fuchs erhaltenen nähern. Merz hat zudem auch den Wassergehalt von Kieselsäure, die zwischen 60 und 100° C. getrocknet worden war, untersucht. Er fand bei 60° C. 8·68 und 9·24 Pct. bei 80° C. 7.4 und 7·52 Pct., bei 90° C. endlich 6·84 und 6·96 Pct. Wasser. Merz hat zudem auch den Wassergehalt der bei 250 bis 270° C. getrockneten Säure bestimmt und im Mittel von drei Versuchen 3·44 Pct. Wasser gefunden.

Von besonderen Vorsichten, welche etwa angewendet wurden, um die Säure während des Trocknens bei und über 100° C. vor dem Zutritte feuchter Luft zu schützen, thut Merz keine Erwähnung [1].

Diesen Daten schliessen sich einige Versuche von Lippert an, welche Fresenius in der 5. Auflage seiner Anleitung zur quantitativen chemischen Analyse (1. Abdruck, S. 945) mittheilte. Lippert benützte bei seinen Versuchen Säurehydrat, welches mittelst Salzsäure aus verdünnter Wasserglaslösung abgeschie-

[1] Merz hebt übrigens den merkwürdigen Umstand hervor, dass er Kieselsäurehydrat kurz nach seiner Bereitung viel leichter und vollständiger, als jenes, welches vor längerer Zeit dargestellt worden war, zu trocknen vermochte. Er fand in solcher bei 70° C. getrockneter Säure 5·75 und 6·12 Pct., bei 90° C. getrocknet 4·6 Pct. und bei 100° C. getrocknet etwa 4·22 und 4·31 Pct. Wasser. Mir ist ein solcher Unterschied zwischen frisch bereiteter und länger aufbewahrter Säure nie aufgefallen, womit jedoch kein Zweifel an der Richtigkeit obiger Angaben ausgesprochen sein soll.

den und durch Decantiren so lange gewaschen worden war, bis das Wasser keine Spur Salzsäure mehr enthielt. Ein Theil dieser, vorläufig lufttrocken gemachten Säure wurde durch acht Wochen im Exsiccator über Schwefelsäure, unter zeitweiligem Zerreiben der krümmeligen Substanz, ein anderer Theil aber ebensolange im luftverdünnten Raume über Schwefelsäure getrocknet. Der Umstand, dass Lippert während des Trocknens die Säure mehrmals mit der Luft in Berührung brachte, dann vor dem Trocknen bei 100° C. überfüllte, erklärt es, wenn er in beiden Fällen mehr Wasser fand als ich, abgesehen von der Methode des Trocknens bei 100° C., welche gewiss in der gewöhnlichen Weise vorgenommen wurde.

Nach seinen Bestimmungen enthielt die über Schwefelsäure im Exsiccator getrocknete Kieselsäure im Mittel von zwei Versuchen 9·11 Pct. Wasser. Die im Vacuo getrocknete Säure gab im Mittel von zwei Versuchen 9·9 Pct. Wasser, war also unvollständiger getrocknet als die andere. Dass aber in beiden Fällen das Trocknen ein unvollständiges gewesen, geht, abgesehen von den oben mitgetheilten Zahlen, die ich erhielt, auch aus zwei Beobachtungen hervor, welche ich mit kuchenförmiger Kieselsäure machte, die seit dem 2. December 1864 bis zum 17. Juni 1867 unter einer Exsiccatorglocke über Schwefelsäure verweilt hatte, ohne dass während dieser langen Zeit die Glocke auch nur für einen Augenblick gehoben worden war. Der Verschluss des Apparates war inzwischen unvollständig geworden und die Communication mit der äusseren Luft, allerdings nur sehr beschränkt, hergestellt. In dieser Säure fand ich bei zwei Versuchen 9·09 und 9·00 Pct. Wasser, welche Zahlen sich den von Lippert gefundenen nähern. Lippert bestimmte ferner das Wasser in der im Exsiccator getrockneten Säure zu 4·97 Pct. und in der im Vacuo getrockneten zu 5·52 und 5·47 Pct., nachdem diese hierauf weiter bei 100° C. getrocknet worden waren. Auch hier ist die relativ ungenügende Entwässerung der im Vacuo behandelten Säure ersichtlich.

Zur Vervollständigung dieser Mittheilungen mag zunächst noch erwähnt werden, dass Ebelmen bereits im Jahre 1846 (Annales de Chimie et Physique. Troisième Série. T. XVI.) Kieselsäurehydrat, welches aus der Zersetzung von kieselsaurem Äthyl

an feuchter Luft hervorgegangen war, untersuchte und darin 19·8 Pct. Wasser fand. Wie lange und unter welchen Umständen es getrocknet wurde, ist nicht angegeben.

Später hat Frémy (Annales de Chimie et Physique. Troisième Série, T. 38) durch Zerlegung von Schwefelsilicium mit Wasser eine Lösung von Kieselsäurehydrat erhalten, welche beim Verdunsten im Vacuo eine poröse harte Masse zurückliess, worin er 16·7 Pct. Wasser fand. Er theilt ferner mit, dass dieses Hydrat (unter ihm unbekannt gebliebenen Umständen!) Wasser verlor und dann nur 9·4 Pct. Wasser enthielt.

Die grösste Menge Wasser fand Graham (Annalen der Chemie und Pharmacie. Bd. 121) in der Kieselsäure, welche aus der durch Dialyse gewonnenen, wässerigen Lösung mittelst Eindampfen im Vacuo abgeschieden und nur durch zwei Tage über Schwefelsäure getrocknet worden war, wornach sie 21·9 Pct. Wasser enthielt. Dieses Product kann wohl der lufttrockenen Säure angereiht werden.

Über diese liegen nur sehr wenige Daten vor. Langlois fand in aus Chlorsilicium mittelst Wasser abgeschiedener Kieselsäure, die er durch einige Tage in trockener Luft verweilen liess, 11·5 bis 12 Pct. Wasser. (Annales de Chimie et Physique, Troisième série. T. 52). Merz (l. c.) liess die Säure sechs Wochen lang bei einer Temperatur von 20—25° C. an der Luft verweilen, wornach sie 13·15 bis 13·52 Pct. Wasser enthielt. Schon aus diesen wenigen Beobachtungen lässt sich wohl mit Sicherheit schliessen, dass die, gewöhnlich als Normalkieselsäure angenommene Verbindung von der Formel H_4SiO_4 ebensowenig wie die sogenannte Metakieselsäure H_2SiO_3 existirt, denn die erstere verlangt 37·5, die zweite aber 23·07 Pct. Wasser, während selbst lufttrockene Säure nicht einmal den letzteren Wassergehalt erreicht und bei der enorm hygroskopischen Beschaffenheit der Kieselsäure wohl nicht angenommen werden kann, dass sie an der Luft bei gewöhnlicher Temperatur oder in sehr mässiger Wärme von etwa 28° C. mehr als einen kleinen Theil des anhängenden Wassers verliert, somit eine Zersetzung des Hydrates kaum denkbar ist.

Betrachtet man ferner die im Obigen angeführten und vergleichbaren Resultate, welche ich, Fuchs, Merz und Lippert

erhielten, so geht daraus unwiderleglich hervor, dass sowohl die Einwirkungsdauer der entwässernden Einflüsse, wie die ungestörte Geltung derselben den Erfolg sehr wesentlich zu modificiren im Stande sind.

Fuchs fand in der über Schwefelsäure durch 30 Tage getrockneten Säure 9·3 Pct., Lippert 9·11 bis 9·9 Pct., Merz, der, wie er sagt, wochenlang unter gleichen Verhältnissen trocknete, 8·08—8·66 Pct. und ich, bei einer Durchschnittsdauer des Trocknens von 131½ Tagen, während welcher Zeit die Exsiccatoren kein einziges Mal geöffnet wurden, 6·13 Pct. Wasser.

Fuchs trocknete bei 100° C. durch 18 Tage und fand 6·75 Pct., Merz, welcher über die Dauer des Trocknens keine Angabe macht, fand 6·24, Lippert 4·97 und 5·49, ich endlich bei Anwendung des oben beschriebenen Apparates, worin das Trocknen durch 4—5 Wochen stattfand, 4·47 Pct. Wasser. Ich kann mich der Überzeugung nicht verschliessen, dass, wenn sowohl über Schwefelsäure, wie bei 100° C. das Trocknen noch namhaft länger fortgesetzt worden wäre, dadurch noch eine weitere, wenn auch nicht bedeutende Verminderung des Wassergehaltes hätte erzielt werden können, falls nicht etwa die schon wiederholt betonte, ausserordentliche Fähigkeit der feinvertheilten Kieselsäure Wasser zurückzuhalten, diesem fortschreitenden Entwässern eine Grenze setzt.

Dieser Grenze glaube ich indessen mich mehr genähert zu haben als meine Vorgänger. Der Versuch jedoch, aus den von mir unter möglichst normalen Verhältnissen gewonnenen Zahlen wahrscheinliche Formeln für Kieselsäurehydrate abzuleiten, führt zu keinem günstigen Resultate. Die über Schwefelsäure getrocknete Verbindung bedingt die Formel $H_4Si_9\Theta_{20}$, welche 6·24 Pct. Wasser verlangt, während 6·13 gefunden wurden. Die bei 100° getrocknete Säure führt zur Formel $H_4Si_{13}\Theta_{28}$ mit 4·41 Pct. Wasser. Gefunden wurde bei dieser sowie solcher Säure, welche ich bei 130—140° trocknete (s. o.) 4·47 und 4·49 Pct. Ich will es unterlassen für die bei 180—200° getrocknete Säure, welche 4·19 Pct. Wasser enthielt und die von Merz bei 250—270° getrockneten mit 3·44 Pct. Wasser Formeln aufzustellen. Das ganze Verhalten der sogenannten Kieselsäurehydrate deutet entschieden darauf, dass sie im gewöhnlichen Sinne nicht aufgefasst werden

können, uns nicht die Vorbilder der Salze der Säure sind, wie dies schon Rammelsberg 1869 auf Grundlage seiner so umfassenden und zahlreichen Untersuchungen der natürlichen und künstlichen Silicate in den Berichten der deutschen, chemischen Gesellschaft ausgesprochen hat. Schliesslich mache ich darauf aufmerksam, dass bei Analysen von Mineralwässern, welche einigermassen bedeutendere Mengen von Kieselsäurehydrat enthalten, in den bei 180—200° getrockneten Abdampfrückständen die Kieselsäure mit 4·2 Pct. Wasser in die Rechnung zu bringen ist, wie aus meinen, Seite 6 angeführten diesfälligen Beobachtungen hervorgeht.

Nachschrift.

Nachdem obige Abhandlung bereits abgeschickt war, kamen mir O. Maschke's „Studien über amorphe Kieselsäure und deren Abscheidung aus wässerigen Lösungen" (Poggendorff's Annalen der Physik und Chemie, Bd. 156, pag. 90) zur Hand. Obwohl Maschke sich vorwiegend mit dem Verhalten der, aus verdünnten wässerigen Lösungen der Alkalisilicate mittelst stärkeren Säuren abgeschiedenen, Kieselsäure gegen Wasser u. s. w. beschäftigt, hat er auch Versuche über den Wassergehalt der, unter verschiedenen Umständen getrockneten Kieselgallerte mitgetheilt, welche, wenn auch nicht den Zahlen, so doch den allgemeinen Verhältnissen nach, meine eben ausgesprochenen Ansichten bestätigen und zugleich darthun, dass die aus sehr verdünnten Lösungen abgeschiedene Kieselsäure leichter Wasser verliert als die aus Fluorsilicium gewonnene.

Über das Wirkungsgesetz der Molecularkräfte.

Von Dr. **Ludwig Boltzmann.**

Maxwell hat bekanntlich zuerst nachgewiesen, dass man, um das Gesetz der Abhängigkeit des Reibungscoëfficienten von der Temperatur zu erklären, die Gasmolecüle nicht als starre, elastische Körper betrachten darf. Er zeigte, dass man den Beobachtungen entsprechende Resultate erhält, wenn man annimmt, dass die Centra zweier Gasmolecüle sich mit einer Kraft abstossen, welche der fünften Potenz ihrer Entfernung verkehrt proportional ist. Maxwell berechnete aus diesem Gesetze auch die Abhängigkeit der Diffusions- und Wärmeleitungsconstante von der Temperatur, welche durch die späteren Versuche von Loschmidt und Stefan bestätigt wurde. Stefan wies nun nach, dass der wesentliche Unterschied der Maxwell'schen Hypothese von der bisherigen darin besteht, dass nach Maxwell's Ansicht die Distanz, bis zu welcher sich die Centra zweier zusammenstossender Molecüle nähern, von deren Geschwindigkeit vor dem Zusammenstosse abhängt, während dieselbe, wenn man die Molecüle als elastische Kugeln betrachtet, von der Geschwindigkeit ganz unabhängig und gleich dem Durchmesser dieser Kugeln ist, und dass das Maxwell'sche Wirkungsgesetz gerade so gewählt ist, dass die kleinste Entfernung, in welche zwei zusammenstossende Molecüle beim centralen Stosse kommen, der Quadratwurzel ihrer relativen Geschwindigkeit vor dem Stosse verkehrt proportional ist. Stefan zeigte ferner, dass man den Beobachtungen ebenso zu genügen vermag, wenn man annimmt, dass die Molecüle elastische Kugeln seien, deren Durchmesser der vierten Wurzel aus der absoluten Temperatur verkehrt proportional sind. Die bisherige Ansicht, dass die Distanz, bis zu der sich die Centra zweier stossender Molecüle nähern, nahezu

von ihrer relativen Geschwindigkeit unabhängig sei, muss also jedenfalls aufgegeben werden. Man motivirte diese Ansicht bisher hauptsächlich durch die geringe Zusammendrückbarkeit der festen und tropfbaren Körper. Aus dem Umstande, dass in festen und tropfbaren Körpern, selbst durch bedeutende Druckkräfte die Distanz der Centra zweier Nachbarmolecüle nur wenig verändert wird, glaubte man schliessen zu können, dass auch in Gasen die kleinste Distanz, in die die Centra zweier stossender Molecüle gelangen, nahe unveränderlich sei. Allein wenn wir auch durch die Druckkräfte, die wir in unseren Piezometern zu erzeugen vermögen, die Centra der Molecüle tropfbarer Flüssigkeiten einander nicht bedeutend näher bringen können, so gilt dies keineswegs von allen Druckkräften überhaupt. Der Druck, welcher in den grössten Meerestiefen herrscht, verdichtet das Wasser bereits um mehr als $^1/_{20}$ seines ursprünglichen Volumens, und noch unvergleichlich grösser ist wahrscheinlich der Druck, welcher im Erdmittelpunkte herrscht. Solange man also keine numerische Rechnung angestellt hat, lässt sich nicht angeben, ob sich in Gasen zwei zusammenstossende Molecüle so weit nähern, als sie sich in tropfbaren Flüssigkeiten unter dem Drucke einiger Atmosphären oder einiger Hunderttausend Atmosphären nähern. Nur im ersten Falle wäre der Schluss auf die Unveränderlichkeit der Distanz der Centra zweier zusammenstossender Molecüle erlaubt, während im letzteren Falle schon a priori auf eine Abhängigkeit derselben von der Temperatur zu schliessen ist. Die Rechnung wird uns in der That zeigen, dass das letztere der Fall ist, ja dass die Veränderlichkeit der kleinsten Distanz zweier stossender Molecüle, wie sie sich aus der Compressibilität der Flüssigkeiten ergibt, wenigstens der Grössenordnung nach vollkommen mit der von der Gastheorie geforderten übereinstimmt. Eine exacte numerische Ubereinstimmung kann selbstverständlich wegen verschiedener, der Wirklichkeit nur angenähert entprechender Hypothesen, zu denen wir im folgenden in Ermanglung der genauen Kenntniss der wirklichen Verhältnisse werden unsere Zuflucht nehmen müssen, gar nicht erwartet werden. Da die Compressibilität des tropfbaren Sauerstoffes oder Stickstoffes nicht bekannt ist, so wollen wir das Wasser unserer Berechnung zu Grunde legen. Als Einheiten wollen wir ein für allemal den

Meter, die Secunde und das Gewicht eines Kilogramms wählen. Sei im flüssigen Wasser beim Drucke einer Atmosphäre und dem Maximum seiner Dichte die Distanz der Centra zweier Nachbarmolecüle gleich ρ Met. Ich will nun zunächst aus der Compressibilität des Wassers die Arbeit bestimmen, welche erforderlich ist, um die Distanz zweier Nachbarmolecüle um das $x$fache ihres ursprünglichen Werthes zu vermindern, also von ρ auf $(1-x)\rho$ zu reduciren. Der Druck einer Atmosphäre comprimirt nach Grassi's Versuchen das Wasser durchschnittlich um 0·000048 seines Volumens, nähert also die Centra je zweier Nachbarmolecüle um 0·000016 ihrer ursprünglichen Distanz.

Um die Kraft zu berechnen, oder doch beiläufig zu schätzen, mit welcher dabei je zwei Molecüle einander genähert werden, nehmen wir an, dass die Centra der Molecüle die Ecken von lauter Würfeln bilden, deren Seiten gleich ρ sind.

Es berechtigt uns natürlich nichts zur Annahme, dass die Wassermolecüle wirklich gerade in dieser Weise angeordnet seien, aber es ist dies die einfachste geometrische Anordnung, und wenn auch die wirkliche Anordnung von derselben wahrscheinlich bedeutend abweicht, so wird uns dieselbe sicher doch wenigstens zu keinen Fehlern in der Grössenordnung der zu berechnenden Werthe führen. Eine Atmosphäre übt auf den Quadratmeter einen Druck von 10334 Kilogr. aus. Bei der von uns angenommenen Anordnung der Molecüle entfallen auf den Quadratmeter $\frac{1}{\rho^2}$ Molecüle, und da sich der Gesammtdruck auf alle diese Molecüle vertheilt, so entfällt auf jedes Molecül die Kraft $10334\rho^2$ in unseren Einheiten gemessen. Dies ist also die Kraft, mit welcher beim Drucke einer Atmosphäre je zwei Nachbarmolecüle einander genähert werden, wenn wir die jedenfalls bedeutend kleinere Kraft, welche von den entfernteren Molecülen ausgeht, vernachlässigen. Dabei vermindert sich ihre Distanz um 0·000016 ihres ursprünglichen Werthes, also um $0{\cdot}000016\rho$. Nehmen wir an, dass die Kraft, welche zwischen zwei Molecülen der Flüssigkeit wirksam ist, ihrer Annäherung direct proportional ist (ein Gesetz, welches für geringe Compressionen feststeht und das wir, da es sich ja hier blos um die Grössenordnung handelt, ohne Bedenken auch auf grössere Compressionen übertragen

können), so ist die Kraft, welche zwischen zwei Nachbarmolecülen geweckt wird, wenn man ihre Distanz um $x\rho$ vermindert, gleich:

$$\frac{10334\rho^2 x}{0{\cdot}000016}.$$

Die Arbeit, die zu dieser Distanzverminderung erforderlich ist, findet man, indem man mit der halben Distanzverminderung $\frac{x\rho}{2}$ multiplicirt; dieselbe ist also:

$$a = \frac{10334\rho^3 x^2}{0{\cdot}000032} \qquad (1)$$

Wir wollen noch die Masse m eines Wassermolecüls berechnen. Die Masse eines Cubikmeters Wasser beim Maximum der Dichte ist in unseren Einheiten gemessen $\frac{1000}{9{\cdot}81}$. Bei der von uns vorausgesetzten Anordnung der Molecüle befinden sich in einem Cubikmeter $\frac{1}{\rho^3}$ Molecüle. Jedes derselben hat also die Masse:

$$m = \frac{1000\rho^3}{9{\cdot}81}.$$

Unterziehen wir nun den Wasserdampf der Betrachtung. v^2 sei das mittlere Geschwindigkeitsquadrat eines Molecüls desselben. Wir fragen uns nun, wie weit sich die Centra zweier Molecüle, welche beide mit der Geschwindigkeit v einander central gerade entgegenfliegen, annähern werden. Die gesammte lebendige Kraft beider Molecüle vor dem Stosse ist:

$$2.\,\frac{mv^2}{2} = mv^2.$$

Für Wasserstoffgas von der Temperatur $t°$ C. ist:

$$v^2 = 1844^2(1+\alpha t),$$

wobei:

$$\alpha = \frac{1}{273}.$$

Ein Wasserdampfmolecül ist neunmal so schwer, als ein Wasserstoffmolecül. Für den Wasserdampf ist also:

$$v^2 = \frac{1844^2}{9}(1+\alpha t).$$

Die gesammte lebendige Kraft unserer beiden Wasserdampfmolecüle ist also:

$$mv^2 = \frac{1000\rho^3}{9\cdot 81}\cdot\frac{1844^2}{9}(1+\alpha t).$$

Im Moment der grössten Annäherung haben beide Molecüle die Geschwindigkeit Null; es ist also ihre gesammte lebendige Kraft in Arbeit verwandelt worden. Nehmen wir an, die Centra der beiden Molecüle hätten sich dabei bis zur Distanz $(1-x)\rho$ genähert, so haben wir die hiezu erforderliche Arbeit bereits früher aus der Compressibilität des tropfbaren Wassers berechnet und durch Gleichung 1) ausgedrückt gefunden. Nehmen wir an, die Molecüle hätten ihre Beschaffenheit durch den Übergang in den gasförmigen Zustand nicht geändert, so wird diese Formel auch auf die Annäherung beim Zusammenstosse der beiden Gasmolecüle anwendbar sein und wir erhalten, indem wir die verlorne lebendige Kraft der aufgewendeten Arbeit gleichsetzen:

$$\frac{1000\rho^3}{9\cdot 81}\cdot\frac{1844^2}{9}(1+\alpha t) = \frac{10334\rho^3 x^2}{0\cdot 000032}$$

woraus sich

$$x = \frac{\sqrt{1+\alpha t}}{2\cdot 9}$$

ergibt. Für $t = 0$ wird

$$x = \frac{1}{2\cdot 9};$$

bei einer Temperatur von 0° C. nähern sich daher die Centra zweier Wasserdampfmolecüle, wenn sie mit ihrer mittleren lebendigen Kraft gerade central auf einander zufliegen, bis zu einer Distanz, welche ungefähr gleich $^2/_3$ von der Distanz ist, welche zwei Nachbarmolecüle im tropfbaren Wasser unter dem Drucke einer Atmosphäre beim Maximum der Dichte haben, ein Werth, welcher auch dadurch bestätigt wird, dass ja bei 0° C. das

Wasser zu schmelzen anfängt, sich also die Molecüle bereits durcheinander hindurchzudrängen vermögen. Um eine solche Annäherung der Molecüle des tropfbaren Wassers hervorzubringen, müsste auf demselben ein Druck von 20·000 Atmosphären lasten. Wir sehen daher, dass die Kräfte, mit denen zwei zusammenstossende Gasmolecüle gegeneinander getrieben werden, ganz bedeutend sind und dass daher, abgesehen von den Experimenten über Reibung, Diffusion und Wärmeleitung, zu erwarten ist, dass der Durchmesser eines Molecüls nicht unerheblich mit der Temperatur veränderlich erscheint. Bezeichnen wir die Distanz, bis zu welcher sich die Centra zweier Molecüle bei 0° C. nähern, mit r_0, so ist also

$$r_0 = (1-x)\rho = \frac{1\cdot 9}{2\cdot 9}\rho$$

Um die Abhängigkeit der kleinsten Distanz zweier Molecüle von der Temperatur zu erkennen, nehmen wir an, die Temperatur t sei nicht viel von 0° C. verschieden. Dann ist angenähert

$$x = \frac{1}{2\cdot 9}\left(1 + \frac{\alpha t}{2}\right).$$

Bezeichnen wir die Distanz, bis zu welcher sich jetzt die Centra zweier Gasmolecüle nähern, wenn sich dieselben mit ihrer mittleren lebendigen Kraft central gegeneinander bewegen, mit r, so ist also wieder:

$$r = (1-x)\rho = \left(1 - \frac{1}{2\cdot 9} - \frac{\alpha t}{5\cdot 8}\right)\rho = r_0\left(1 - \frac{\alpha t}{3\cdot 8}\right).$$

Nach dem von Stefan gefundenen Gesetze wird den Erfahrungen über Reibung, Diffusion und Wärmeleitung genügt, wenn man annimmt, dass sich die beiden Distanzen r und r_0, bis zu welchen sich die Centra zweier Gasmolecüle bei den Temperaturen von t° und 0° C. annähern, verkehrt wie die vierten Wurzeln aus den absoluten Temperaturen verhalten, wonach man für kleine t zwischen r_0 und r die Relation

$$r = r_0\left(1 - \frac{\alpha t}{4}\right)$$

erhält. Diese Relation befindet sich in der schönsten Übereinstimmung mit der von uns aus der Compressibilität des Wassers abgeleiteten Gleichung

$$r = r_0\left(1 - \frac{\alpha t}{3 \cdot 8}\right).$$

Bedenkt man, dass wir bei Ableitung der letzten Gleichung so manche nur angenähert richtige Hypothese gemacht haben und ausserdem den Wasserdampf der Rechnung zu Grunde legten, für welchen das Stefan'sche Gesetz noch nicht experimentell geprüft wurde, so muss man gestehen, dass eine bessere Übereinstimmung sicher nicht zu erwarten war. Wenn also auch bei der Unsicherheit der von mir gemachten Voraussetzungen auf diese numerische Übereinstimmung vorläufig kaum ein allzugrosser Werth zu legen sein dürfte, so steht doch so viel fest, dass die geringe Compressibilität der tropfbaren Flüssigkeiten mit der Veränderlichkeit des Moleculardurchmessers keineswegs in Widerspruch steht, sondern dass sich vielmehr diese Veränderlichkeit aus der Compressibilität der tropfbaren Flüssigkeiten von derselben Ordnung, wie aus der Theorie der inneren Reibung der Gase ergibt.

Ich bemerke schliesslich noch, dass sich aus der Compressibilität des Wassers die Proportionalität des Moleculardurchmessers mit der reciproken vierten Wurzel der absoluten Temperatur blos in der Nähe der Temperatur von 0° C. ergibt, was aber durchaus keinen Widerspruch involvirt, da ja die Giltigkeit des letzteren Gesetzes auch nur in der Nähe von 0° C. bewiesen ist. Für grössere Temperaturen würde man aus der Compression des Wassers, falls dieselbe da noch immer dem Drucke proportional wäre, eine raschere Abnahme, für kleinere aber eine geringere Zunahme des Moleculardurchmessers erhalten.

Zur Theorie der Bessel'schen Functionen zweiter Art.

Von **Leopold Gegenbauer** in Krems.

(Vorgelegt in der Sitzung am 4. Juli 1872.)

Differentiirt man die von C. Neumann aufgestellte Gleichung:

$$1.)\quad 2\left[O^{(n)}_{(x)}\right]' = O^{(n-1)}_{(x)} - O^{(n+1)}_{(x)}$$

wiederholt nach x, so erhält man die Relationen:

$$2.)\quad 2^2\left[O^{(n)}_{(x)}\right]'' = O^{(n-2)}_{(x)} - 2O^{(n)}_{(x)} + O^{(n+2)}_{(x)}$$

$$3.)\quad 2^3\left[O^{(n)}_{(x)}\right]''' = O^{(n-3)}_{(x)} - 3O^{(n-1)}_{(x)} + 3O^{(n+1)}_{(x)} - O^{(n+3)}_{(x)}$$

$$4.)\quad 2^4\left[O^{(n)}_{(x)}\right]'''' = O^{(n-4)}_{(x)} - 4O^{(n-2)}_{(x)} + 6O^{(n)}_{(x)} - 4O^{(n+2)}_{(x)} + O^{(n+4)}_{(x)}$$

. . . .

$$5.)\quad 2^p\left[O^{(n)}_{(x)}\right]^{(p)} = \sum_{\mu=0}^{\mu=p} (-1)^\mu \binom{p}{\mu} O^{(n-p+2\mu)}_{(x)}$$

Die Gleichung 5.), welche uns lehrt, dass die Differentialquotienten einer jeden Bessel'schen Function zweiter Art nach Bessel'schen Functionen zweiter Art entwickelt werden können, werden wir nun zur Entwicklung von $O^{(n)}_{(x+\xi)}$ benützen.

Nach dem Taylor'schen Satze ist:

$$6.)\quad O^{(n)}_{(x+\xi)} = \sum_{p=0}^{p=\infty} \frac{\xi^p}{p!} \left[O^{(n)}_{(x)}\right]^{(p)}$$

oder wegen Formel 5.)

$$7.)\quad O^{(n)}_{(x+\xi)} = \sum_{p=0}^{p=\infty} \sum_{\mu=0}^{\mu=p} (-1)^\mu \binom{p}{\mu} \frac{\xi^p}{2^p p!} O^{(n-p+2\mu)}_{(x)}$$

Da μ nie grösser als p werden kann, können wir diese Gleichung auch in folgender Form schreiben:

$$8.)\quad O^{(n)}_{(x+\xi)} = \sum_{p=0}^{p=\infty} \sum_{\mu=0}^{\mu=p} (-1)^{\mu} \frac{\xi^p}{2^p \mu!(p-\mu)!} O^{(n-p+2\mu)}_{(x)}$$

In der Gleichung 8.) kann man offenbar x und ξ mit einander vertauschen; man hat daher auch:

$$9.)\quad O^{(n)}_{(x+\xi)} = \sum_{p=0}^{p=\infty} \sum_{\mu=0}^{\mu=p} (-1)^{\mu} \frac{x^p}{2^p \mu!(p-\mu)!} O^{(n-p+2\mu)}_{(\xi)}$$

Die auf der rechten Seite der Gleichung 8.) befindliche Doppelsumme lässt sich in drei Summen auflösen, von denen die erste alle Glieder enthält, in denen $n-p+2\mu=0$ ist, die zweite jene Glieder, in denen dieser Ausdruck positiv ist, und die dritte jene Glieder, in denen er negativ ist.

Ist $\rho+1$ der absolute Werth von $n-p+2\mu$ in den zwei letzten Summen, so findet man nach einer leichten Transformation:

$$10.)\quad O^{(n)}_{(x+\xi)} = O^{(0)}_{(x)} \frac{\xi^n}{2^n \Gamma(n+1)} \sum_{\mu=0}^{\mu=\infty} (-1)^{\mu} \frac{\xi^{2\mu}}{2^{\mu|2}(2n+2)^{\mu|2}}$$

$$+ \sum_{\rho=0}^{\rho=\infty} \sum_{\mu=0}^{\mu=\infty} (-1)^{\mu} \frac{\xi^{n-\rho-1+2\mu}}{2^{n-\rho-1}\,\Gamma(n-\rho) . 2^{\mu|2}(2n-2\rho)^{\mu|2}} O^{(\rho+1)}_{(x)}$$

$$+ \sum_{\rho=0}^{\rho=\infty} \sum_{\mu=0}^{\mu=\infty} (-1)^{\mu} \frac{\xi^{n+\rho+1+2\mu}}{2^{n+\rho+1}\,\Gamma(n+\rho+2) . 2^{\mu|2}(2n+2\rho+4)^{\mu|2}} O^{-(\rho+1)}_{(x)}$$

Lommel hat aber gezeigt, dass:

$$11.)\quad J^{(\nu)}_{(z)} = \frac{z^{\nu}}{2^{\nu}\Gamma(\nu+1)} \sum_{\sigma=0}^{\sigma=\infty} (-1)^{\sigma} \frac{z^{2\sigma}}{2^{\sigma|2}(2\nu+2)^{\sigma|2}}$$

ist; es lässt sich daher die Gleichung 10.) auch in folgender Gestalt darstellen:

$$12.)\quad O^{(n)}_{(x+\xi)} = J^{(n)}_{(\xi)} . O^{(0)}_{(x)} + \sum_{\rho=0}^{\rho=\infty} J^{(n-\rho-1)}_{(\xi)} . O^{(\rho+1)}_{(x)}$$

$$+\sum_{\rho=0}^{\rho=\infty} J_{(\xi)}^{(n+\rho+1)} \cdot O_{(x)}^{-(\rho+1)}$$

Vertauscht man in dieser Gleichung x und ξ mit einander, so hat man auch:

$$13.)\quad O_{(x+\xi)}^{(n)} = J_{(x)}^{(n)} O_{(\xi)}^{(0)} + \sum_{\rho=0}^{\rho=\infty} J_{(x)}^{(n-\rho-1)} O_{(\xi)}^{(\rho+1)} + \sum_{\rho=0}^{\rho=\infty} J_{(x)}^{(n+\rho+1)} O_{(\xi)}^{-(\rho+1)}$$

Da $O_{(x)}^{(n)}$ für ein gerades n durch die Reihe:

$$14.)\quad O_{(x)}^{(n)} = \frac{1}{x}\left[1 + \frac{n^2}{x^2} + \frac{n^2(n^2-2^2)}{x^4} + \frac{n^2(n^2-2^2)(n^2-4^2)}{x^6} + \dots\right|$$

für ein ungerades n aber durch die Reihe:

$$15.)\quad O_{(x)}^{(n)} = \frac{n}{x^2}\left[1 + \frac{n^2-1^2}{x^2} + \frac{(n^2-1^2)(n^2-3^2)}{x^4} + \frac{(n^2-1^2)(n^2-3^2)(n^2-5^2)}{x^6} + \dots\right]$$

definirt wird, so sieht man, dass:

$$16.)\quad O_{(x)}^{(-n)} = (-1)^n O_{(x)}^{(n)}$$

ist; man kann daher die Gleichungen 12.) und 13.) auch in folgender Form schreiben:

$$17.)\quad O_{(x+\xi)}^{(n)} = J_{(\xi)}^{(n)} O_{(x)}^{(0)} + \sum_{\rho=0}^{\rho=\infty}\left[J_{(\xi)}^{(n-\rho-1)} + (-1)^{\rho+1} J_{(\xi)}^{(n+\rho+1)}\right] O_{(x)}^{(\rho+1)}$$

$$18.)\quad O_{(x+\xi)}^{(n)} = J_{(x)}^{(n)} O_{(\xi)}^{(0)} + \sum_{\rho=0}^{\rho=\infty}\left[J_{(x)}^{(n-\rho-1)} + (-1)^{\rho+1} J_{(x)}^{(n+\rho+1)}\right] O_{(\xi)}^{(\rho+1)}$$

Setzt man $\xi=(m-1)x$, so verwandeln sich die Gleichungen (17. und 18.) in:

19.) $$O^{(n)}_{(mx)} = J^{(n)}_{([m-1]x)} O^{(0)}_{(x)} + \sum_{\rho=0}^{\rho=\infty} \left[J^{(n-\rho-1)}_{([m-1]x)} + (-1)^{\rho+1} J^{(n+\rho+1)}_{([m-1]x)} \right] O^{(\rho+1)}_{(x)}$$

20.) $$O^{(n)}_{(mx)} = J^{(n)}_{(x)} O^{(0)}_{([m-1]x)} + \sum_{\rho=0}^{\rho=\infty} \left[J^{(n-\rho-1)}_{(x)} + (-1)^{\rho+1} J^{(n+\rho+1)}_{(x)} \right] O^{(\rho+1)}_{([m-1]x)}$$

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

LXVI. Band.

ZWEITE ABTHEILUNG.

8.

Enthält die Abhandlungen aus dem Gebiete der Mathematik, Physik, Chemie, Mechanik, Meteorologie und Astronomie.

XXI. SITZUNG VOM 10. OCTOBER 1872.

Der Präsident begrüsst die anwesenden Mitglieder bei Wiederbeginn der akademischen Sitzungen.

Derselbe gedenkt ferner des während der Ferien erfolgten Ablebens der wirklichen Mitglieder, des Herrn Dr. Joseph Ritter von Bergmann, gestorben am 29. Juli in Graz, und des Herrn Hofrathes Dr. George Phillips, gestorben am 6. September zu Aigen bei Salzburg.

Sämmtliche Anwesende geben ihr Beileid durch Erheben von den Sitzen kund.

Herr Freiherr Conrad v. Eybesfeld zeigt, mit Note vom 6. August, seinen Amtsantritt als k. k. Statthalter in Niederösterreich an.

Das k. k. Ministerium des Innern übermittelt, mit Note vom 23. August, die graphischen Nachweisungen über die Eisbildung an der Donau und March in Niederösterreich und an der Donau in Oberösterreich während des Winters 1871/2.

Der Secretär bringt folgende Dankschreiben zur Kenntniss der Classe:

1. Vom Herrn Dr. L. J. Fitzinger in Pest für die ihm zur ichthyologischen Durchforschung der Tátra bewilligte Subvention von 300 fl.
2. Vom Herrn Custos Dr. A. Schrauf für die ihm zur Fortsetzung der Arbeiten behufs der Herausgabe des 5. & 6. Heftes seines „Atlas der Krystallformen des Mineralreiches“ bewilligte Subvention von 300 fl.
3. Vom Herrn Lecomte für die der *Société Entomologique de Belgique* und der *Société Malacologique de Belgique* zu Brüssel bewilligten Sitzungsberichte der Classe.
4. Von der k. k. Gymnasialdirection in Trebitsch für die dieser Lehranstalt bewilligten Separatabdrücke aus den Schriften der Classe.

Herr Prof. Dr. Herm. Fritz in Zürich übersendet das nun vollendete Manuscript seines „Verzeichnisses der beobachteten Polarlichter."

Herr Prof. Dr. Rich. Heschl in Graz hinterlegt ein versiegeltes Schreiben zur Wahrung seiner Priorität der Beobachtung und Nachweisung einer sehr wichtigen Krankheits-Ursache.

Herr Prof. Dr. H. Hlasiwetz überreicht eine Abhandlung des Herrn Dr. Friedr. Hinterberger: „Über das Excretin."

Herr Dr. Kratschmer übergibt eine Abhandlung „Über Zucker- und Harnstoffausscheidung beim *Diabetes mellitus* unter dem Einflusse von Morphium, kohlensaurem und schwefelsaurem Natron."

Herr Prof. Dr. L. Boltzmann aus Graz legt eine Abhandlung vor, betitelt: „Weitere Studien über das Wärmegleichgewicht unter Gasmolecülen."

Derselbe überreicht ferner eine vorläufige Mittheilung: „Experimentaluntersuchung über das Verhalten nicht leitender Körper unter dem Einflusse elektrischer Kräfte."

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Academia, Real, de Ciencias medicas, fisicas y naturales de la Habana: Anales. Tomo V—VIII. (1868—1871); Tomo IX, Junio & Julio 1872. Habana; 8°. — Flora Cubana. Sign. 21—28. 8°. — Aniversario undecimo de la Real Acad. de Ciencias med. fis. y nat. de la Habana. Resumen de sus tareas, discursos y programa de premios. Habana, 1872; 8°. — Tablas obituarias de 1871. Habana, 1872; 8°.

Annalen der Chemie, von Wöhler, Liebig & Kopp. N. R. Band LXXXVII, Heft 2 & 3. Leipzig & Heidelberg, 1872; 8°.

Annales des mines. VIIe Serie. Tome I, 2e Livraison de 1872. Paris; 8°.

Apotheker-Verein, allgem. österr.: Zeitschrift. 10. Jahrgang, Nr. 21—28. Wien, 1872; 8°.

Astronomische Nachrichten. Nr. 1897—1905. (Bd. 80. 1—9.) Altona, 1872; 4°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXV, Nrs. 2—13. Paris, 1872; 4°.

Dozy, F., et J. H. Molkenboer, *Bryologia Javanica seu descriptio Muscorum frondosorum Archipelagi Indici iconibus illustrata. (Post mortem auctorum edentibus R. B. Van den Bosch et C. M. Van der Sande Lacoste.) Fasc. I—LXIV. Lugduni Batavorum, 1854—1870*; 4°.

Geschichte der Wissenschaften in Deutschland. Neuere Zeit. XII. Band. Geschichte der Zoologie bis auf Joh. Müller u. Charl. Darwin, von J. Victor Carus. München, 1872; 8°.

Gesellschaft der Wissenschaften, k., zu Göttingen: Abhandlungen. XVI. Band. (1871). Göttingen, 1872; 4°. — Gelehrte Anzeigen, 1871, Bd. I & II. 8°. — Nachrichten aus d. J. 1871. Göttingen; 8°.

— geographische, in Wien: Mittheilungen. Band XV. (Neuer Folge V.) Nr. 7—9. Wien, 1872; 8°.

— österr., für Meteorologie: Zeitschrift. VII. Band, Nr. 14—17. Wien, 1872; 4°.

— Astronomische, in Leipzig: Vierteljahrsschrift. VII. Jahrgang, 3. Heft. Leipzig, 1872; 8°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXIII. Jahrg. Nr. 29—40. Wien, 1872; 4°.

Instituut, k., voor de taal-, land- en volkenkunde van Nederlandsch Indië: Bijdragen. III. Volgreeks VI. Deel, 3. Stuk. 's Gravenhage, 1872; 8°.

Jahrbuch, Neues, für Pharmacie & verwandte Fächer, von Vorwerk. Band XXXVII, Heft 5 & 6; Band XXXVIII, Heft 1. Speyer, 1872; 8°.

Journal für praktische Chemie, von H. Kolbe, N. F. Band VI, 1. & 2. Heft. Leipzig, 1872; 8°.

Landbote, Der steirische. 5. Jahrgang, Nr. 15—20. Graz, 1872; 4°.

Landwirthschafts-Gesellschaft, k. k., in Wien: Verhandlungen und Mittheilungen. Jahrgang 1872, Nr. 16 bis 19. Wien; 8°.

Löwen, Universität, akademische Gelegenheitsschriften aus d. J. 1869—1871; 4°, 8° & 12°.

Mittheilungen aus J. Perthes' geographischer Anstalt. 18. Band, 1872. Heft VII & VIII, nebst Ergänzungsheft Nr. 33. Gotha; 4°.

Moniteur Scientifique par Quesneville. 3e Serie, Tome II, 367e—370e Livraisons. Paris, 1872; 4°.

Nature. Nrs. 142—153, Vol. VI. London, 1872; 4°.

Reichsanstalt, k. k. geologische: Jahrbuch. Jahrgang 1872. XXII. Band, Nr. 2. Wien; 4°. — Verhandlungen. Jahrgang 1872, Nr. 10—12. Wien; 4°.

„Revue politique et littéraire", et „La Revue scientifique de la France et de l'étranger". IIe Année, 2e Série, Nrs. 3—14. Paris et Bruxelles, 1872; 4°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXII. Jahrgang, Nr. 29—40. Wien, 1872; 4°.

Zeitschrift für Chemie, von Beilstein, Fittig u. Hübner. XIV. Jahrgang. N. F. VII. Band, 24 Heft. Leipzig, 1872; 8°.

— des oesterr. Ingenieur- & Architekten-Vereins. XXIV. Jahrgang, 10.—12. Heft. Wien, 1872; 4°.

Zur Kenntniss des Nicotins.

Von Dr. H. Weidel.

(Mit 2 Holzschnitten.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 20. Juni 1872.)

Diamine scheinen als Naturproducte sehr selten zu sein, wenigstens kennt man bis jetzt nur zwei derselben, das Nicotin und das Sparteïn.

Wenn unsere Kenntnisse über diese Basen noch ziemlich lückenhaft sind, so rührt das wohl vornehmlich daher, dass sie theure Präparate sind, von denen man nicht oft grössere Mengen zur Verfügung hat.

Umsomehr bin ich daher Herrn Ministerialsecretär Kosch zu Dank verpflichtet, welcher die Güte hatte, mir mehrere Unzen Nicotin für eine nähere Untersuchung zu überlassen.

Eine andere Quantität, die zu benützen mir Herr Professor Hlasiwetz freundlichst erlaubte, war vor längerer Zeit schon der Sammlung des hiesigen Laboratoriums von Herrn Hofrath v. Schrötter einverleibt worden.

In der Literatur über das Nicotin finden sich bis auf die neuere Zeit nur Verbindungen desselben angeführt, welche seine Formel $C_{10} H_{14} N_2$ als die eines tertiären Diamins beweisen:

Salze, Doppelsalze, Paarungen mit den Haloidverbindungen der Alcohol- und Säureradicale, und ein Bromsubstitutionsproduct mit Br_2 statt H_2, welches die Verbindungsfähigkeit des ursprünglichen Nicotins noch ganz zu besitzen scheint [1].

Nur die letzte Untersuchung, die darüber vorliegt, lieferte auch ein charakteristisches Zersetzungsproduct.

---

[1] Eine sehr vollständige Zusammenstellung der Nicotinverbindungen geben A. und Th. Husemann in ihrem vortrefflichen Werke „über die Pflanzenstoffe in chemischer, physiologischer, pharmacologischer und toxicologischer Hinsicht".

Huber[1] oxydirte das Nicotin mit Chromsäure und erhielt eine Säure, die er in einer späteren Mittheilung[2] als Pyridincarbonsäure bezeichnete. Aus dieser konnte er eine flüchtige Base von der Formel $C_5 H_5 N$ (Pyridin) gewinnen.

Huber's Mittheilungen sind indess nur sehr kurze Notizen, denen keine Zahlen beigegeben sind; auch ist nicht angeführt, wie man nach der Oxydation zu verfahren habe um die Pyridincarbonsäure abzuscheiden.

Ich musste indess auf Huber's Versuche zurückkommen und sie wiederholen, nachdem ich selbst durch Oxydation des Nicotins mit Salpetersäure eine stickstoffhaltige Säure erhalten hatte, die etwas ungewöhnliche Verbindungsverhältnisse zeigt.

Auf die ausführliche Untersuchung dieser Säure habe ich auch den grössten Theil meines Materiales verwendet[3], nachdem mir andere Zersetzungsversuche keine brauchbaren Resultate ergeben hatten: so die Einwirkung des Monochloressigäthers bei erhöhtem Druck und Temperatur, (mit Methylamin liefert dieser Äther bekanntlich Sarkosin. Vollhard), dann die Einwirkung von Phosphorchlorür und Acetylchlorid, (eine Wiederholung der Hoffmann'schen Reaction); die Übertragung des von Wertheim beim Coniin angewandten Verfahrens, mit salpetriger Säure Azoconhydrin und daraus mit wasserfreier Phosphorsäure Conylen zu erhalten, auf das Nicotin; endlich die Umsetzung von salpetrigsaurem Baryt mit schwefelsaurem Nicotin zu einem salpetrigsauren Nicotin, welches in der Hitze in Stickstoff und eine alcoholähnliche Verbindung hätte zerfallen sollen.

Die ersten drei Reactionen führten nur zu harzigen Massen, aus denen reine Verbindungen nicht darzustellen waren; bei

---

[1] Annal. d. Chem. u. Pharm. Bd. CXLI. pag. 277.

[2] Berichte d. chem. Gesellsch. z. Berlin. Bd. III. pag. 849.

[3] Es hatte mir nach der Destillation im Wasserstoffstrom dasselbe bei der Analyse ergeben:

0·2855 Grm. Substanz gaben 0·7751 Grm. Kohlensäure und 0·2295 Grm. Wasser; daraus

Gefunden	$C_{10}H_{14}N_2$
C — 74·04	C — 74·07
H — 8·95	H — 8·64

letzterer aber wurde der grösste Theil des Nicotins unverändert wieder erhalten.

Nicotinsäure.

Die Einwirkung der Salpetersäure auf das Nicotin ist bisher sehr unvollkommen studiert [1]; gleichwol ist es nicht schwer zu finden, dass das Endproduct dieser Oxydation eine Säure ist, die fast ohne die Bildung von secundären Producten, und in nahezu der, aus der Formel dieser Säure berechneten Menge erhalten wird.

Ich nenne die Verbindung eine Säure, weil sie sauer reagirt und stark sauer schmeckt, allein sie hat nach Art der Amidosäuren auch das Vermögen, sich starken Säuren gegenüber basisch zu verhalten, und in der That gewinnt man sie zunächst in der Form einer Verbindung mit Salpetersäure.

Nach der folgenden Vorschrift wird man sie stets leicht darstellen können:

Man tröpfelt in 25 Theile gut abgekühlter, rauchender Salpetersäure, die sich in einem geräumigen Kolben befindet, unter fortwährendem Schwenken 1 Theil Nicotin ein, mit der Vorsicht, die Reaction nicht allzu heftig werden zu lassen, und nöthigenfalls den Kolben neuerdings durch Eiswasser abzukühlen. (Bei Anwendung dieser verhältnissmässig grossen Menge Salpetersäure ist verhindert, dass sich als nächstes Product eine harzige Masse bildet, welche sich nur sehr unvollständig weiter oxydiren lässt.)

Man lässt, nachdem alles Nicotin eingetragen ist, ganz allmälig den Kolben eine Temperatur von 20—25° annehmen, worauf sich eine heftige, ziemlich stürmisch verlaufende Reaction einstellt, die von einer massenhaften Entwicklung rother Dämpfe begleitet ist. Wenn sie fast zu Ende ist, wird die Flüssigkeit so lange gekocht, bis sie ihre gelbrothe Farbe verloren und eine weingelbe angenommen hat; man bringt nun alles in eine Schale und dampft auf dem Wasserbade bis zur Consistenz eines dünnen Syrups ein.

[1] Vergleiche hierüber Gmelin VII. pag. 214.

In der Regel beginnt schon nach einigen Stunden eine rasch fortschreitende Krystallisation körniger Krystalle, die zuletzt die Flüssigkeit breiig erfüllen.

Man saugt mittelst einer Bunsen'schen Pumpe die Mutterlauge ab, die nach einer erneuerten Behandlung mit rauchender Salpetersäure noch weitere Mengen liefert [1].

Die rohe, fast farblose Krystallmasse besteht nur aus der salpetersauren Verbindung des Oxydationsproductes und wird durch zweimaliges Umkrystallisiren aus siedendem Wasser leicht ganz rein erhalten.

Die reine Verbindung bildet kleine Krystalle, deren Salpetersäuregehalt leicht durch die gewöhnlichen Reactionen zu constatiren ist. Die Analysen derselben sind weiter unten angeführt.

Um daraus die organische Säure abzuscheiden, benützt man ihre Fähigkeit, mit Silber eine unlösliche Verbindung einzugehen. Man sättigt die noch warme Lösung der Salpetersäureverbindung mit Ammoniak ab, wobei die Flüssigkeit, wenn die Substanz nicht ganz rein war, schwach gelb wird und einen moschusähnlichen Geruch annimmt.

Hierauf versetzt man dieselbe mit einer concentrirten Lösung von salpetersaurem Silberoxyd, bis in einer filtrirten Probe kein Niederschlag mehr entsteht, bringt die breiig gewordene Masse auf ein Leinwandfilter, wäscht etwas nach, und presst zuerst mit der Hand, zuletzt in einer Schraubenpresse trocken.

Dann zerreibt man den Presskuchen mit Wasser in einer Reibschale zu einem gleichmässigen Schlamm, verdünnt etwas, erhitzt und zersetzt mit Schwefelwasserstoff. Die vom Schwefelsilber abfiltrirte, wasserklare Flüssigkeit braucht nicht weit eingedampft zu werden um bald zu krystallisiren. Es schiessen meist concentrisch gruppirte Krystallbüschel an, die man nöthigenfalls mit Thierkohle völlig entfärben kann.

Die Nicotinsäure krystallisirt gut und so vollständig, dass die Mutterlaugen nur wenig mehr enthalten. Sie hat folgende

---

[1] Die schon von Henry gemachte Beobachtung, dass bei der Oxydation des Nicotins mit Salpetersäure keine Oxalsäure entsteht, ist vollkommen richtig.

Eigenschaften: Ihr Geschmack ist stark und rein sauer; kaltes Wasser löst wenig, siedendes völlig, Alcohol beim Kochen leicht, Äther fast gar nicht. Beim Erhitzen schmilzt sie und ist vollständig sublimirbar. Sie zersetzt mit Leichtigkeit die kohlensauren Salze, und in ihrer wässerigen Lösung entstehen mit Metallsolutionen Niederschläge nur dann, wenn sie zuvor durch ein Alkali abgesättigt wurde; nur eine Silbersolution gibt auch ohne Absättigung eine weisse Fällung. Beim Erhitzen mit Kalk entwickelt sich sofort der penetrante Geruch des Dippel'schen Theeröles.

Die Nicotinsäure besitzt kein Krystallwasser.

Ihre Analysen führen zu der Formel $C_{10}H_8N_2O_3$.

I. 0·2991 Grm. Substanz gaben 0·6497 Kohlensäure und 0·1116 Wasser.

II. 0·2747 Grm. Substanz gaben 0·5944 Kohlensäure und 0·1072 Wasser.

III. 0·2649 Grm. Substanz gaben 0·5735 Kohlensäure und 0·0948 Wasser.

IV. 0·2592 Grm. Substanz gaben 0·5586 Kohlensäure und 0·0935 Wasser.

V. 0·2938 Gr. Substanz gaben 36·0CC Stickstoff bei 16.6° C. und 739·9 Mm.

VI. 0·2817 Gr. Substanz gaben 34·1 CC. Stickstoff bei 17·2°C. und 748·2 Mm.

VII. 0·2976 Gr. Substanz gaben 37·4 CC. Stickstoff bei 22·9°C. und 746·1 Mm.

VIII. 0·2685 Gr. Substanz gaben 33·6 CC. Stickstoff bei 22·5°C. und 748·1 Mm.

In 100 Theilen:

	I.	II.	III.	IV.	V.
C —	59·24	59·02	59·06	58·78	—
H —	4·15	4·35	3·98	4·01	—
N —	—	—	—	—	13·86

	VI.	VII.	VIII.
C —	—	—	—
H —	—	—	—
N —	13·83	13·91	13·91

Die Formel $C_{10}H_8N_2O_3$ verlangt in 100 Theilen:

	Gefunden im Mittel
C — 58·82	C — 59·02
H — 3·92	H — 4·12
N — 13·72	N — 13·87

Salpetersäureverbindung. Sie entsteht direct durch Auflösen der Nicotinsäure in warmer Salpetersäure von gewöhnlicher Concentration. Beim Auskühlen der Lösung schiesst die Verbindung in farblosen Krystallblättern oder kurzen Prismen an, die man auf einer feinen Thonplatte von der sauren Lauge befreit.

Ihre Zusammensetzung ist die gleiche, wie die jener Verbindung, die aus der Oxydation des Nicotins hervorgeht.

Bei den nachstehenden Analysen sind die mit IV und VIII bezeichneten die, des durch Auflösen der Nicotinsäure in Salpetersäure erhaltenen Salzes.

I. 0·345 Grm. Substanz gaben 0·5132 Kohlensäure und 0·1063 Wasser.

II. 0·2797 Grm. Substanz gaben 0·4100 Kohlensäure und 0·0846 Wasser.

III. 0·3135 Grm. Substanz gaben 0·4635 Kohlensäure und 0·0913 Wasser.

IV. 0·2954 Grm. Substanz gaben 0·4364 Kohlensäure und 0·0873 Wasser.

V. 0·2724 Gr. Substanz gaben 39.0 CC. Stickstoff bei 17·0° C. und 748·7 Mm.

VI. 0·2350 Gr. Substanz gaben 33.7 CC. Stickstoff bei 16·3° C. und 749.3 Mm.

VII. 0·3015 Gr. Substanz gaben 44·1 CC. Stickstoff bei 16·8° C. und 746·5 Mm.

VIII. 0·2833 Gr. Substanz gaben 41·2 CC. Stickstoff bei 18·4° C. und 748.5 Mm.

In 100 Theilen:

	I.	II.	III.	IV.	V.
C —	40·54	39·98	40·32	40·29	—
H —	3·42	3·35	3·24	3·28	—
N —	—	—	—	—	15·99

	VI.	VII.	VIII.
C —	—	—	—
H —	—	—	—
N —	16·45	16·67	16·49

Die Krystallwasserbestimmungen ergaben:

I. 0·3800 Grm. Substanz verloren bei 110°, 0·0350 Wasser.

II. 0·3135 Grm. Substanz verloren bei 110°, 0·0773 Wass er

	I.	II.
H_2O —	9·21	9·5

Salzsäureverbindung. Warme concentrirte Salzsäure löst Nicotinsäure, und liefert ziemlich leicht diese Verbindung die je nach der Concentration entweder als sandiges Krystallmehl, oder in der Form ziemlich regelmässig ausgedildeter, prismatischer Krystalle erhalten wird.

Die Analyse ergab:

I. 0.4131 Grm. Substanz gaben 0·3710 Kohlensäure und 0·1342 Wasser.

II. 0·2896 Gr. Substanz gaben 27·4 CC. Stickstoff bei 15·6° C. und 749·5 Mm.

III. 0·3541 Grm. Substanz gaben 0·3485 Chlorsilber.

In 100 Theilen:

C —	46·50
H —	3·61
N —	10·91
Cl —	20·15

Verbindung mit Bromwasserstoff. Sie entsteht wie die Vorige und theilt auch die äusseren Eigenschaften derselben.

Die Analyse ergab:

I. 0·3144 Grm. Substanz gaben 0·3181 Kohlensäure und 0·0919 Wasser.

II. 0·3363 Gr. Substanz gaben 25·1 CC Stickstoff bei 16° C. und 748·7 Mm.

III. 0·4962 Grm. Substanz gaben 0·4339 Bromsilber.

In 100 Theilen:

C —	37·14
H —	3·25
N —	8·57
Br —	37·21

Verbindung mit Schwefelsäure. Sie wird aus einer Lösung von Nicotinsäure in Schwefelsäure, die mit ihrem gleichen Volum Wasser verdünnt ist, durch Weingeist farblos krystallinisch gefällt. Sie ist ausserordentlich löslich in Wasser und lässt sich darum ohne Weingeistzusatz kaum umkrystallisiren.

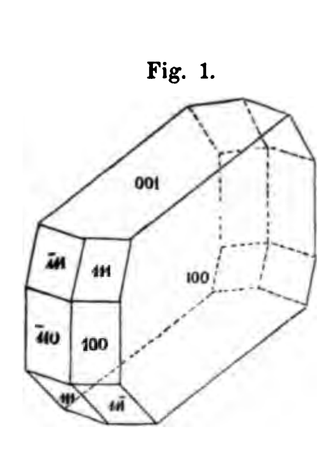
Salzsaures Platindoppelsalz. Diese prachtvoll krystallisirende Doppelverbindung entsteht, wenn man einer Lösung von Nicotinsäure in Salzsäure eine concentrirte Lösung von Platinchlorid zumischt. Nach einiger Zeit beginnt die Bildung ausserordentlich schön ausgebildeter, grosser, orangerother Krystalle, welche Herr Prof. Ditscheiner zu messen die Güte hatte.

Krystallsystem: schiefprismatisch.

$a:b:c = 1{\cdot}6233:1:1{\cdot}8251$, $ac = 73° \, 55'$

Beobachtete Flächen: 111, $\bar{1}11$, 100, 001, 110.

Fig. 1.



	Beobachtet	Berechnet
001 : 100 =	106° 5′*	—
100 : 110 =	57 20*	—
111 : 001 =	71 20*	—
111 : 100 =	—	67° 7′
$\bar{1}11$: 100 =	113 0	112 53
$\bar{1}11$: 001 =	58 0	57 35
$\bar{1}11$: $\bar{1}00$ =	—	55 0
$\bar{1}11$: $\bar{1}11$ =	57 40	57 53
100 : $\bar{1}11$ =	—	115 0
111 : $\bar{1}10$ =	—	27 10
$\bar{1}11$: $1\bar{1}0$ =	—	23 37
$\bar{1}11$: $\bar{1}1\bar{1}$ =	—	93 16
111 : $1\bar{1}1$ =	—	107 32
$\bar{1}00$: 001 =	73 40	73 55
001 : $\bar{1}10$ =	81 30	81 24
110 : $\bar{1}10$ =	65 20	65 21
110 : $1\bar{1}0$ =	—	114 40

Die Analyse ergab:

I. 0·3892 Grm. Substanz gaben 0·3346 Kohlensäure und 0·0723 Wasser.

II. 0·3434 Grm. Substanz gaben 0·2895 Kohlensäure und 0·0709 Wasser.

III. 0·4188 Gr. Substanz gaben 20·7 CC. Stickstoff bei 22·3° C. und 746·2 Mm.

IV. 0·5752 Grm. Substanz gaben 0·7359 Chlorsilber.

V. 0·5052 Grm. Substanz gaben 0·6428 Chlorsilber.

VI. 1·0474 Grm. Substanz gaben 0·3073 Platin.

VII. 0·8525 Grm. Substanz gaben 0·2493 Platin.

In 100 Theilen:

	I.	II.	III.	IV.	V.
C —	23·45	22·99	—	—	—
H —	2·12	2·00	—	—	—
N —	—	—	5·49	—	—
Pt —	—	—	—	—	—
Cl —	—	—	—	31·65	31·48

	VI.	VII.
C —	—	—
H —	—	—
N —	—	—
Pt —	29·34	29·25
Cl —	—	—

Die Krystallwasserbestimmungen ergaben:

I. 0·8432 Grm. Substanz verloren bei 110°, 0·0546 Wasser.

II. 1·4432 Grm. Substanz verloren bei 110°, 0·0937 Wasser.

In 100 Theilen:

	I.	II.
H_2O —	6·47	6·49

Erste Silberverbindung. Ist der undeutlich krystallinische weisse Niederschlag, den Silbernitrat in der sauren Lösung der Nicotinsäure hervorbringt. Er ist lichtbeständig, kann aber nicht ohne Verlust lange gewaschen werden.

Die Analyse der bei 110° getrockneten Substanz ergab:

0·3118 Grm. Substanz gaben 0·2456 Kohlensäure und 0·0435 Wasser.

0·5006 Grm. Substanz gaben 0·2397 Silber.

0·3051 Grm. Substanz gaben 22·3 CC. Stickstoff bei 22·3° und 741.5 Mm.

In 100 Theilen:

C	—	21·48
H	—	1·55
N	—	8·32
Ag	—	47·88

Zweite Silberverbindung. Sie entsteht, wenn man eine mit Ammoniak abgesättigte Nicotinsäurelösung mit Silbernitrat versetzt und stellt einen voluminösen, aufgequollenen, in Wasser sehr schwer löslichen, ziemlich lichtbeständigen Niederschlag dar.

Die bei 110° getrocknete Substanz ergab folgende Zusammensetzung:

0·4235 Grm. Substanz gaben 0·2874 Grm. Kohlensäure und 0·0423 Grm. Wasser.

0·4235 Grm. Substanz gaben 0·2766 Grm. Silber.

0·3875 Grm. Substanz gaben 0·2520 Grm. Silber.

In 100 Theilen:

C	—	18·52	—
H	—	1·11	—
Ag	—	65·31	65·64

Kalkverbindung. Nächst dem Platindoppelsalz ist diese Kalkverbindung die schönste, welche die Nicotinsäure liefert. Sie kann dargestellt werden, entweder durch directes, genaues Absättigen einer Nicotinsäurelösung mit Kalkmilch, oder durch Vermischen einer durch Ammoniak abgesättigten Nicotinsäurelösung mit einer concentrirten Chlorcalciumlösung.

Wenn die Flüssigkeiten concentrirt waren, so bilden sich dann, und zwar ziemlich bald, kleine, aber sehr rein ausgebildete, farblose, schiefe Prismen. War dagegen die Lösung angemessen

verdünnt, so entstehen grosse Krystalle von ausserordentlicher Schönheit, welche den Längendurchmesser von einem halben Zoll erreichen können.

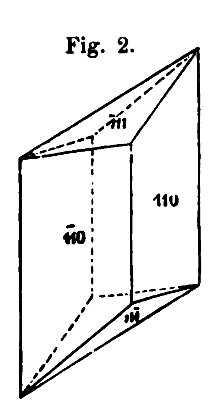
Einmal gebildet, sind sie im Wasser sehr schwer löslich. Auch die folgenden Angaben über ihre Messung verdanke ich Herrn Professor Ditscheiner.

Krystallsystem: schiefprismatisch.

Beobachtete Flächen $\bar{1}11$. 110.

	Beobachtet	Gefunden
$110:\bar{1}10$ =	72° 50′	—
$110.1\bar{1}0$ =	107 25	107° 10′
$110.\bar{1}11$ =	82 55	—
$\bar{1}10.\bar{1}11$ =	50 10	—
$\bar{1}11.\bar{1}11$ =	59 40	59° 10′

Fig. 2.



Die ziemlich stark glänzenden Flächen sind stark gestreift und trübten sich während der Winkelmessung ziemlich beträchtlich, so dass die gegebenen Winkelwerthe in ihren einzelnen Ablesungen um $^1/_2$ bis 1 Grad differirten.

Die Analyse der bei 120° getrockneten Substanz ergab:

I. 0·3235 Grm. Substanz gaben 0·6036 Grm. Kohlensäure und 0·0903 Grm. Wasser.

II. 0·3546 Grm. Substanz gaben 0·6617 Grm. Kohlensäure und 0·0910 Grm. Wasser.

III. 0·2886 Grm. Substanz gaben 0·5419 Grm. Kohlensäure und 0·0774 Grm. Wasser.

IV. 0·6568 Grm. Substanz gaben 0·1298 Grm. Kalk.

V. 0·4673 Grm. Substanz gaben 0·0898 Grm. Kalk.

VI. 0·7618 Grm. Substanz gaben 0·3593 Grm. schwefelsauren Kalk.

VII. 0·3124 Gr. Substanz gaben 32·8 CC. Stickstoff bei 16·5° C. und 750·5 Mm.

Zu den angeführten Analysen dienten Substanzen von drei verschiedenen Bereitungen.

In 100 Theilen:

	I.	II.	III.	IV.
C —	50·86	50·89	51·21	—
H —	3·10	2·85	2·98	—
N —	—	—	—	—
Ca —	—	—	—	14·11

	V.	VI.	VII.
C —	—	—	—
H —	—	—	—
N —	—	—	12·07
Ca —	13·72	13·87	—

Die Krystallwasserbestimmungen ergaben:

I. 1·4210 Grm. Substanz gaben bei 115° getrocknet 0·3027 Wasser.

II. 0·6445 Grm. Substanz gaben bei 115° getrocknet 0·1461 Wasser.

In 100 Theilen:

	I.	II.
H_2O —	22·01	22·66

Die Verbindungen der Nicotinsäure mit Baryum, Kalium, Natrium krystallisiren viel weniger gut und ich habe sie zur Analyse nicht weiter benutzt.

Ich habe es bis hierher verspart, aus den gefundenen Procenten der analysirten Salze Formeln zu entwickeln, und ich muss zu den nachstehenden im Voraus bemerken, dass ich mich zu ihrer Annahme erst entschlossen habe, als ich nach langer Rechnung fand, dass alle andern mit den Zahlen für die freie Säure durchaus nicht in Einklang zu bringen sind.

Die Verbindungen der Nicotinsäure sind, wenn man die Formel $C_{10}H_8N_2O_3$ zu Grunde legt, insofern ganz ungewöhnlich, als sie meistens das Verhältniss von zwei Molecülen Nicotinsäure zu drei Molecülen der damit vereinigten Säuren, Basen oder Salze aufweisen.

Ich darf auch nicht unerwähnt lassen, dass die Formel $C_6H_5NO_2$ nur im Stickstoffgehalt wesentliche Differenzen gegen die der Nicotinsäure aufweist. ($C_6H_5NO_2$ ist nämlich die Pyridincarbonsäure von Huber.) Aber diese lässt keine einfache Bil-

dungsgleichung aus dem Nicotin zu, während der Vorgang bei der Bildung einer Säure von der Formel $C_{10}H_8N_2O_3$ sehr einfach sich ausdrücken lässt durch:

$$C_{10}H_{14}N_2 + {}_6O = C_{10}H_8N_2O_3 + 3H_2O.$$

Damit stimmt auch die, wie schon gesagt, reichliche Ausbeute an dieser Verbindung überein, sowie ich deren Formel auch durch die weiter unten beschriebenen Zersetzungen stützen zu können glaube.

In ähnlicher Weise verhalten sich ferner nach Schützenberger (Annal. d. Chem. u. Pharm. 108 pag. 347) einige N_2 enthaltende Alkaloide bei der Oxydation mit salpetriger Säure. Sie liefern sauerstoffreichere, wenngleich noch basische Verbindungen, deren Kohlenstoffgehalt derselbe geblieben ist. (Oxy- und Bioxystrychnin und Oxycinchonin.)

Endlich sind auch viele der Verbindungen des Nicotins selbst so abweichend von der gewohnten Art zusammengesetzt, dass sich diese Abnormität auf die daraus entstehende Nicotinsäure nur zu übertragen scheint [1].

Die folgende Zusammenstellung der gefundenen mit den nach den Formeln $C_6H_5NO_2$ und $C_{10}H_8N_2O_3$ berechneten Zahlen möge darüber urtheilen lassen, ob ich die Formel $C_{10}H_8N_2O_3$ wählen durfte.

[1] Man kennt beispielsweise folgende Verbindungen des Nicotins:

$${}_2(C_{10}H_{14}N_2) + AgNO_3$$
$$C_{10}H_{14}N_2 + {}_2HCl + {}_2ptCl_2$$
$$C_{10}H_{14}N_2 + {}_4HCl + ptCl_2$$
$$C_{10}H_{14}N_2 + {}_4HCl + {}_3ptCl_2$$
$$C_{10}H_{14}N_2 + {}_3HgCl_2$$
$$C_{10}H_{14}N_2 + HgCy_2 + {}_2HgCl_2$$
$$C_{10}H_{14}N_2 + {}_2HCl + {}_5cdCl$$
$$C_{10}H_{14}N_2 + {}_2HJ + HgJ_2$$
$$C_{10}H_{12}Br_2N_2 + HBr + Br_2$$
$$C_{10}H_{14}N_2 + HCl + {}_4HgCl_2.$$

Nicotinsäure ($C_{10}H_8N_2O_3$).

$C_6H_5NO_2$	Gefunden im Mittel	$C_{10}H_8N_2O_3$
C — 58·53	59·02	58·82
H — 4·06	4·12	3·92
N — 11·38	13·87	13·72.

Salpetersäureverbindung $2(C_{10}H_8N_2O_3)+3NHO_3$.

$C_6H_5NO_2+NRO_3$	Gefunden im Mittel	$2(C_{10}H_8N_2O_3)+3NHO_3$
C — 38·71	40·28	40·20
H — 3·22	3·32	3·18
N — 15·05	16·40	16·41.

Die lufttrockene Substanz wäre $2(C_{10}H_8N_2O_3)+3NHO_3+3\frac{1}{2}H_2O$.

	Gefunden	Berechnet
H_2O —	9·35	9·40.

Salzsäureverbindung $2(C_{10}H_8N_2O_3)+3HCl$.

$C_6H_5NO_2+HCl$	Gefunden	$2(C_{10}H_8N_2O_3)+3HCl$
C — 42·48	46·50	46·37
H — 3·54	3·61	3·66
N — 8·26	10·91	10·82
Cl — 20·96	20·15	20·57.

Bromwasserstoffsaure Verbindung $2(C_{10}H_8N_2O_3)+3HBr$.

$C_6H_5NO_2+HBr$	Gefunden	$2(C_{10}H_8N_2O_3+3HBr$
C — 35·29	37·14	36·86
H — 2·94	3·25	2·91
N — 6·86	8·57	8·60
Br — 39·21	37·21	36·86.

Salzsaures Platindoppelsalz $2(C_{10}H_8N_2O_3)+3HCl+3ptCl_2$.

$C_6H_5NO_2+HCl+ptCl_2$	Gefunden	$2(C_{10}H_8N_2O_3)+3HCl+3ptCl.$
C — 21·87	23·22	23·37
H — 1·82	2·06	1·85
N — 4·25	5·49	5·45
Pt — 29·98	29.29	28·84
Cl — 32·35	31·56	31·12.

Das lufttrockene Salz hätte die Zusammensetzung

$$2(C_{10}H_8N_2O_3)+3HCl+3ptCl_2+4H_2O.$$

	Berechnet	Gefunden
H_2O —	6·55	6·48.

Erste Silberverbindung $2(C_{10}H_7AgN_2O_3)+3AgNO_3$

$C_6H_4NO_2Ag$		Gefunden	$2(C_{10}H_7AgN_2O_3)+3AgNO_3$
C —	31·30	21·48	21·20
H —	1·74	1·55	1·23
Ag —	46·95	47·88	47·70
N —	6·08	8·32	8·65.

Zweite Silberverbindung $2(C_{10}H_7AgN_2O_3)+3Ag_2O.$

	Gefunden	Berechnet
C —	18·52	18·21
H —	1·11	1·06
Ag —	65·47	65·55.

Kalkverbindung $2(C_{10}H_7caN_2O_3)+3(C_{10}H_6CaN_2O_3).$

$C_6H_4caNO_2$		Gefunden	Berechnet
C —	50·70	50·98	51·19
H —	2·81	2·94	2·73
N —	9·85	12·07	11·94
Ca —	14·09	13·90	13·77.

Das lufttrockene Salz wäre:

$$2(C_{10}H_7caN_2O_3)+3(C_{10}H_6CaN_2O_3)+19H_2O$$

	Gefunden	Berechnet
H_2O —	22·33	22·59.

Die Nicotinsäure erleidet eine für ihre Constitution bezeichnende Zersetzung, wenn man ihr Kalksalz mit etwas zugemischtem Ätzkalk trocken destillirt. — Die Operation macht man zweckmässig mit nicht zu grossen Mengen auf einmal.

Man erhält ein bräunliches, trübes, öliges Destillat vom Geruche der Dippel'schen Basen. Dasselbe wurde so gereinigt, dass man es zuerst mit Wasserdämpfen umdestillirte, aus dem trüben, mit Öltropfen erfüllten Destillat durch starke Ätzlauge die Base wieder abschied, die durch eine Bürette getrennte, nunmehr schon sehr wenig gefärbte Flüssigkeit mit Ätzkali trocknete und aus einem Retörtchen mit dem Thermometer umdestillirte.

Bis auf einen ganz kleinen Theil ging die neue Base zwischen 115—122° über, war vollständig ungefärbt, in Wasser ganz löslich, und ergab bei der Analyse die Procentgehalte des Pyridins.

Auch die übrigen vergleichenden Reactionen bestätigten die Identität mit dieser Verbindung [1].

Die Analyse ergab:

0·2345 Grm. Substanz gaben 0·6519 Kohlensäure und 0·1372 Wasser.

0·2173 Grm. Substanz gaben 34·7 CC. Stickstoff bei 21·0° C. 747·6 Mm.

In 100 Theilen:

Gefunden	C_5H_5N(Pyridin)
C — 75·82	C — 75·94
H — 6·50	H — 6·32
N — 17·88	N — 17·72.

Schliesst man Nicotinsäure mit Wasser und einem Überschuss von Brom (etwa ein Theil Nicotinsäure zu fünf Theilen Brom) in eine Röhre ein und erhitzt durch einige Stunden auf 120°, so findet man das Brom zum allergrössten Theil verschwunden, statt desselben am Boden der Röhre ein schweres Öl und darüberstehend eine gelbliche Flüssigkeit. Beim Öffnen der Röhre entweicht mit Heftigkeit ein Gas und der Röhren-

[1] Anderson (Annal. d. Chem. u. Pharm. 75 pag. 82) hatte vermuthet, dass diese Base Äthylamin sei.

inhalt zeigt nun den bekannten süsslichen Geruch des Bromoforms.

In der That ist es leicht, die ölige Flüssigkeit als Bromoform nach allen ihren Eigenschaften zu erkennen. Die davon getrennte wässerige Lösung gibt beim Eindampfen einen Salzrückstand, der nach dem Umkrystalliren aus Wasser, worin er sehr löslich ist, in vollständig farblosen Krystallhäuten wiedererhalten wurde.

Mit Kalk erhitzt, zeigte diese so erhaltene Substanz sofort den Geruch des Pyridins; und die Analyse dieser Verbindung erwies sie als bromwasserstoffsaures Pyridin.

Die bei 100° getrocknete Substanz ergab:

0·5271 Grm. Substanz gaben 0·6177 Bromsilber.

0·3364 Grm. Substanz gaben 0·4678 Kohlensäure und 0·1184 Wasser.

0·4484 Grm. Substanz gaben 35·3 CC. Stickstoff bei 18·5° und 746 Mm.

In 100 Theilen:

Gefunden	C_5H_5N+HBr
C — 37·75	C — 37·50
H — 3·91	H — 3·75
N — 8·90	N — 8·75
Br — 49·87	Br — 50·00

Die Zersetzung der Nicotinsäure durch Brom bei Gegenwart von Wasser lässt demnach die Gleichung zu:

$$C_{10}H_8N_2O_3+H_2O+11Br = C_5H_5N, HBr+3CHBr_3+2CO_2+N+HBr.$$

Die Nicotinsäure wird durch Wasserstoff, der sich aus Natriumamalgam entwickelt, unter Entwicklung eines ammoniakalischen Geruches zersetzt. Das dabei entstehende Product konnte ich inzwischen nicht rein erhalten.

Mit Jodwasserstoffsäure von 1·57 spec. Gewicht mehrere Stunden lang gekocht, blieb die Nicotinsäure als solche unverändert.

Die braune, jodhaltige Flüssigkeit gab beim Abdampfen zuerst dunkle metallgrüne Krystalle eines (vielleicht als Super-

jodid der Nicotinsäure anzusprechenden) Körpers, der sich beim Liegen an der Luft unter Entweichen von Jod in die farblose, jodwasserstoffsaure Verbindung der Nicotinsäure verwandelte. Entzieht man im vorhinein der stark jodhaltigen Flüssigkeit mit Äther das Jod, so erhält man sogleich die letztere Verbindung.

Ein Versuch durch die Einwirkung von Acetylchlorid auf Nicotinsäure die Anzahl der ersetzbaren OH-Molecüle zu bestimmen, hatte kein Resultat. Das Acetylchlorid wirkt auf Nicotinsäure gar nicht ein.

Durfte ich nun nach diesen meinen Erfahrungen die Nicotinsäure als nach der angegebenen Formel zusammengesetzt betrachten, so war das Nicotin im Stande, bei der Oxydation mit verschiedenen Oxydationsmitteln zwei bestimmte Säuren zu liefern:

die Pyridincarbonsäure $C_6H_5NO_2$ und die
Nicotinsäure $C_{10}H_8N_2O_3$.

Ein Vergleich der beiden Säuren, die bei der Zersetzung beide Pyridin liefern, schien mir daher sehr nöthig zu sein, und ich musste mich entschliessen, auch durch die Oxydation des Nicotins mit Chromsäure die Huber'sche Pyridincarbonsäure zu gewinnen.

Ich habe zu diesem Ende 20 Grm. Nicotin mit 100 Grm. saurem chromsaurem Kali, 200 Grm. Schwefelsäure und 400 CC. Wasser, in einer Retorte mit Rückflusskühler so lange gekocht, bis der Geruch des Nicotins auf Zusatz von Kalilauge zu der schliesslich grün gewordenen Flüssigkeit, beim Erwärmen nicht mehr auftrat.

Hierauf wurde, da es sich zeigte, dass die Flüssigkeit noch etwas freie Chromsäure enthielt, Schwefelwasserstoff eingeleitet, um diese zu Chromoxyd zu reduciren.

Das Chromoxyd fällte ich mit Vermeidung eines Überschusses durch Natronlauge, filtrirte und dampfte die Flüssigkeit auf dem Wasserbade bis zur feuchten Salzmasse ein, die ich in einem Verdrängungsapparat mit Alkohol erschöpfte.

Ich erhielt dadurch, wie ich mich bald überzeugte, die ganze organische Substanz in der alkoholischen Lösung.

Hierauf wurde der Alkohol verjagt und nun gesucht, die wahrscheinlich vorhandene Säure in eine unlösliche Verbindung überzuführen, aus der sie wieder abzuscheiden war. Ein Paar Vorversuche zeigten mir, dass sich für diesen Zweck eine Kupferverbindung darbietet, die als lichtblauer Niederschlag sofort beim Vermischen meines, vom Alkohol befreiten Rückstandes mit Kupfervitriollösung entstand. (Eine mit Ätzkali vorsichtig abgesättigte Nicotinsäurelösung gibt auch mit Kupfervitriollösung einen bläulichen krystallinischen Niederschlag einer Kupferverbindung.

Der gut ausgewaschene Niederschlag wurde dann in warmem Wasser vertheilt und mit Schwefelwasserstoff zerlegt.

Das Filtrat vom Schwefelkupfer gab nun beim Eindampfen eine Krystallisation, die schon durch ihr Äusseres lebhaft an rohe Nicotinsäure erinnerte.

Mit Thierkohle gereinigt, war die Substanz der Nicotinsäure zum Verwechseln ähnlich, zeigte alle ihre Reactionen, gab mit Leichtigkeit die zwei characteristischen, schön krystallisirten Verbindungen mit Kalk und Platinchlorid, und endlich zeigten einige quantitative Bestimmungen, dass das Product der Oxydation des Nicotins mit Chromsäure identisch mit dem aus der Salpetersäurebehandlung hervorgehenden, d. h. mit Nicotinsäure sei.

Die Verbrennung der reinen bei 105° getrockneten Säure gab:

0·3115 Grm. Substanz gaben 0·6733 Kohlensäure und 0·1133 Wasser.

0.3019 Grm. Substanz gaben 36·6 CC. Stickstoff bei 21·0° und 754 Mm.

In 100 Theilen:

Gefunden.	$C_{10}H_8N_2O_3$
C — 58·95	C — 58·82
H — 4·04	H — 3·92
N — 13·68	N — 13·72

Das bei 110° getrocknete Kalksalz ergab bei der Analyse:

0·3234 Grm. Substanz gaben 0·5959 Kohlensäure und 0·0888 Wasser.

0·5864 Grm. Substanz gaben 0·2973 schwefelsauren Kalk.

II. 0·4683 Grm. Substanz gaben 0·2364 schwefelsauren Kalk.

In 100 Theilen:

Gefunden		Kalksalz d. Nicotinsäure
C — 50·25		C — 50·57
H — 3·05	II.	H — 2·63
Ca — 14·91	14.85	Ca — 14·74

Wenn Huber für seine Säure die Formel $C_6H_5NO_2$ aufstellen konnte, so scheint er dazu durch die Zersetzung seines Productes in Pyridin geleitet worden zu sein. Diese Zersetzung wäre allerdings sehr glatt:

$$C_6H_5NO_2 = C_5H_5N + CO_2.$$

Dieser einfachen Zersetzung widerspricht indess die verhältnissmässig geringe Ausbeute an Pyridin.

Ich habe, um mir dieselbe zu erklären, auch das Gas aufgefangen, welches sich während der Zersetzung der Nicotinsäure zu Pyridin constant mit entwickelt, und fand, dass es fast reiner Stickstoff ist, während der rückständige, von ausgeschiedener Kohle grauweiss gewordene Kalk zum grossen Theil kohlensauer geworden war.

Es scheint daher, dass das Molecül der Nicotinsäure eine viel tiefer eingreifende Zersetzung erfährt und nur die Hälfte seines Kohlenstoffgehaltes als Pyridin austritt.

Es ist ferner hervorzuheben, dass die Formel $C_6H_5NO_2$ von der, die ich auf Nicotinsäure berechnen muss: $C_{10}H_8N_2O_3$ nur in den Procenten des Stickstoffes erheblich differirt, während Kohlenstoff und Wasserstoff nur wenig verschiedene Beträge geben.

$C_{10}H_8N_2O_3$	$C_6H_5NO_2$
C — 58·82	C — 58·53
H — 3·92	H — 4·06
N — 13·72	N — 11·38

Endlich fallen die Stickstoffbestimmungen der Nicotinsäure nach der Will-Fresenius'schen Methode nicht so genau aus als nach der Dumas'schen, und es wäre möglich, dass sich Huber dieser ersteren bedient hat.

Die eigenthümlichen Verbindungsverhältnisse der Nicotinsäure, die es trotz der Leichtigkeit, mit der sie salzartige Verbindungen bildet, schwer machen, sich auch nur über ihre Basicität ein sicheres Urtheil zu bilden, lassen einen Versuch, sie in einer Structurformel zu gliedern, noch etwas willkürlich erscheinen.

Einen zuverlässigen Anhaltspunkt müsste eine Synthese des Nicotins geben, für die man wahrscheinlich in der Bildung des Aldehydins aus Crotonaldehyd [1] ein Vorbild hat:

$$\underset{\text{Crotonaldehyd}}{2(C_4H_6O)} + NH_3 = \underset{\text{Aldehydin}}{C_8H_{11}N} + 2H_2O$$

Die Aufgabe, in ähnlicher Weise Nicotin zu erzeugen, dürfte sich lösen lassen, wenn man sich den Aldehyd der Brenzweinsäure verschaffen kann. Dann könnte man haben:

$$\underset{\substack{\text{Aldehyd der}\\ \text{Brenzweinsäure}}}{\underbrace{2(C_5H_8O_2)}} + 2NH_3 = \underset{\text{Nicotin}}{\underbrace{C_{10}H_{14}N_2}} + 4H_2O.$$

In dieser Richtung gedenke ich meine Versuche fortzusetzen.

Wien, Laboratorium des Prof. Hlasiwetz.

---

[1] A. Baeyer. Berichte der chem. Gesellsch. Bd. II. p. 399.

Über das Excretin.

Von Dr. **Friedrich Hinterberger.**

Das Excretin wurde von Marcet[1] in den Excrementen des Menschen entdeckt und für einen schwefelhaltigen Körper von der Formel $C_{78}H_{156}SO_2$ erklärt.

Bei einer Untersuchung meiner frischen Excremente, welche ich seit 3 Jahren fortsetzte, erhielt ich von 100 Pfund der frischen Excremente 8 Gramm reines Excretin. Das Excretin der verschiedenen Darstellungsweisen enthielt manchmal 2·8 und auch mehr Procente Schwefel und häufig 0·6 bis 7 Pct. Stickstoff. Dieses Verhalten, sowie der Umstand, dass meine Analysen mit der Analyse des Marcet nicht stimmten, brachten mich zu der Vermuthung, dass man es hier mit einem unreinen Körper zu thun habe.

Es ist mir in der That gelungen, das Excretin frei von Schwefel und Stickstoff zu erhalten und mit Hilfe einer Bromverbindung die empirische Formel des Excretins festzustellen. Die Darstellung bestand in Folgendem: 214 Grm. der frischen Excremente[2] wurden täglich mit 350 CC. Weingeist von 90 Vol. Pct. ausgekocht. Hiezu diente eine Flasche von Weissblech von 16 Ctm. Höhe und 11 Ctm. Durchmesser, welche mit einem Rückflusskühler verbunden war. Die erhaltene weingeistige Lösung wurde auf ein faltiges Filter gegossen, und der Rückstand in der Flasche nochmals mit 175 CC. Weingeist von 90 Vol. Proc. ausgezogen. Die weingeistige Lösung ist dunkelbraun, und setzt nach 8tägigem Stehen einen Niederschlag ab, welcher im trockenen Zustande beinahe schwarz ist. Dieser Niederschlag besteht

---

1 Chem. Centr. 1860, 586. Gmelin VII Bd. 2193.

2 214 Grm. ist das Mittel von 130 gewogenen Stühlen.

aus Excretin und dem Magnesiumsalze einer Gallensäure oder einer neuen Säure. Dieses Magnesiumsalz ist sehr schwer im Weingeiste löslich, lässt sich durch Krystallisation von dem leicht löslichen Excretin trennen, und lieferte bis jetzt die Formel

$$C_{36}H_{113}MgNO_{11}.$$

Wenn es sich darum handelt, reines Excretin darzustellen, bekümmert man sich nicht um den Niederschlag, welcher sich freiwillig aus der weingeistigen Lösung der Excremente absetzt Man sammelt vielmehr diesen Niederschlag auf einem Filter, versetzt dås Filtrat mit 20 CC. Kalkmilch, welche etwa 1·5 Grm. Kalk enthält, und verdünnt die erhaltene Flüssigkeit mit 500 CC. Wasser. Es entsteht ein lichtbrauner Niederschlag, welcher neben anderen Substanzen das Excretin enthält. Dieser Niederschlag wird nach 24 Stunden auf einem Filter gesammelt, mit Wasser ausgewaschen und an der Luft getrocknet.

Von 38 Pfd. der frischen Excremente erhält man 142 Grm. des Kalkniederschlages, welcher das Excretin enthält.

35 Grm. des lufttrockenen Kalkniederschlages kocht man in einer Blechflasche unter Anwendung des Rückflusskühlers mit einer Mischung von 75 CC. Weingeist von 90 Vol. Pct. und 75 CC. Äther, filtrirt, und kocht den ungelösten Rückstand abermals mit 75 CC Weingeist und 75 CC Äther aus.

Lässt man das gelbe Filtrat 8 Tage bei einer Temperatur unter 0° ruhig stehen, so scheidet sich alles Excretin in Form von gelben nadelförmigen Krystallen ab, welche zu halbkugelartigen Gruppen vereinigt sind.

Dieses rohe Excretin sammelt man auf einem Filter, wäscht es nicht mit Weingeist aus, und trocknet es, ohne zu pressen, an der Luft.

Hat man etwa 5 Grm. des rohen Excretins, so reinigt man dasselbe durch Umkrystallisiren. Hiezu benützt man Weingeist von 95 Vol. Pct. und Blutkohle, wiederholt dasselbe 4—5mal und sorgt dafür, dass die Krystallisation immer bei einer Temperatur unter 0° vor sich geht.

Erhitzt man das so erhaltene Excretin mit Kalium in einer kleinen Eprouvette, und behandelt den Rückstand nach dem Verbrennen des Kaliums mit wenig Wasser, so erhält man eine

Lösung, welche eine verdünnte Lösung von Nitroprussidnatrium nicht violett färbt, mithin frei von Schwefel ist.

Unreines schwefelhaltiges Excretin lässt sich auch durch Destillation mit der 10fachen Menge Kalk schwefelfrei darstellen, scheint aber hiebei die Eigenschaft, zu krystallisiren, einzubüssen, ohne seine Zusammensetzung zu ändern.

Behufs der Elementaranalyse wurde das Excretin über Schwefelsäure getrocknet und im Platinschiffchen unter schliesslicher Anwendung von Sauerstoffgas verbrannt.

I. 0·3024 Grm. Substanz gaben 0·9035 Grm. Kohlensäure und 0·3374 Grm. Wasser.

II. 0·3534 Grm. Substanz gaben 1·057 Grm. Kohlensäure und 0·401 Grm. Wasser.

III. 0·3209 Grm. Substanz gaben 0·9692 Grm. Kohlensäure und 0·361 Grm. Wasser.

Aus diesen Daten berechnet sich als einfachste Formel $C_{20}H_{36}O$, nach welcher sich Rechnung und Versuch in folgender Weise vergleichen:

	Berechnet	Gefunden I	Gefunden II	Gefunden III	Im Mittel
C_{20}	— 82·19	81·48	81·57	82·37	81·81
H_{36}	— 12·33	12·39	12·60	12·49	12·50
O	— 5·48	—	—	—	—

Das Cholestearin $C_{26}H_{44}O$ kommt dem Excretin in der procentischen Zusammensetzung nahe. Das Cholestearin löst sich aber schwerer im Eisessig, als das Excretin. Die Lösung des Cholestearins im Eisessig zeigt unter dem Mikroskope schöne seidenglänzende sechsseitige Prismen [1], während die Lösung des Excretins im Eisessig kugelige Massen bildet. Das Cholestearin gibt mit Brom ein Substitutionsproduct mit 7 Atomen Brom und ein Additionsproduct mit 2 Atomen Brom [2], während das Excretin sich in folgender Weise verhält:

Behandelt man das Excretin mit Brom, so entsteht unter Erwärmung und Entwicklung von Bromwasserstoff eine schwarz-

[1] Annal. d. Chem. u. Pharm. Bd. 127 S. 107.
[2] Annal. d. Chem. u. Pharm. Bd. 146 S. 175.

braune Flüssigkeit, welche beim Übergiessen mit Äther zu einer braunen harzartigen Masse zusammenballt. Kocht man diese Masse nach dem Verjagen des freien Broms mit einer Mischung von Alkohol und Äther, so löst sie sich. Die Lösung scheidet beim freiwilligen Verdunsten harte spröde, zu Kugel vereinigte Krystalle ab, welche durch Umkrystallisiren farblos werden. Das erhaltene Bromproduct ist unlöslich im Wasser, schwer löslich im Weingeiste, leicht löslich im alkoholhaltigen Äther und schmilzt beim Erhitzen im Wasserbade.

Die bei 100° getrocknete Substanz wurde mit chromsaurem Blei verbrannt, und zur Ermittlung des Bromgehaltes mit Kalk geglüht.

I. 0·4746 Grm. Substanz gaben 0·9388 Grm. Kohlensäure und 0·3271 Grm. Wasser.

II. 0·3574 Grm. Substanz gaben 0·298 Grm. Bromsilber.

Diese Analysen führen zur Formel $C_{20}H_{34}Br_2O$, wie folgende Zusammenstellung zeigt:

	Berechnet	Gefunden I	Gefunden II
C_{20}	53·33	53·94	—
H_{34}	7·55	7·65	—
Br_2	35·55	—	35·47
O	3·57	—	—

Während es mithin leicht ist, aus dem Excretin ein krystallisirtes Bibromexcretin darzustellen, gelang es nicht, das Chlorexcretin zu bereiten. Versetzt man nämlich die weingeistige Lösung des Excretins mit Wasser, fügt zur erhaltenen Emulsion Chlorwasser und schüttelt, so erhält man beim Verdunsten eine farblose syrupartige Masse.

Es ging mir leider das Materiale aus, um weitere Versuche anzustellen, um über die Structur des Excretins ins Reine zu kommen. Ich kann daher unterdessen nur die empirische Formel des reinen Excretins $C_{20}H_{36}O$ und die Formel des daraus dargestellten Bibromexcretins $C_{20}H_{34}Br_2O$ als Endresultate dieser Arbeit anführen.

Resultate einer Experimentaluntersuchung über das Verhalten nicht leitender Körper unter dem Einflusse elektrischer Kräfte.

Von **Ludwig Boltzmann.**

Vorläufige Mittheilung.

Wird der Raum zwischen zwei Condensatorplatten statt mit Luft mit einer andern isolirenden Substanz ausgefüllt, ohne dass sich die Distanz der Platten ändert, so wird die Capacität des Condensators nach der Theorie der Dielektricität $D = 1 + 4\pi\varepsilon$mal so gross. D bezeichnen wir als die Dielektricitätsconstante des Isolators. ε ist die von Helmholtz (Borchardt's Journal Bd. 72 Seite 115) eingeführte Grösse. Für Luft setzen wir $D = 1$. Aus dieser Theorie folgt aber noch eine andere merkwürdige Consequenz, die bisher nicht bemerkt worden zu sein scheint, nämlich dass elektrische Kräfte auf einen Nichtleiter, ohne dass sich derselbe elektrisirt, blos vermöge seiner dielektrischen Polarisation, ganz erhebliche Anziehungen ausüben müssen; und zwar finde ich aus der Helmholtz'schen Theorie, dass eine nicht leitende Kugel im homogenen elektrischen Felde $\frac{D-1}{D+2}$mal so stark angezogen werden muss, als eine gleich grosse leitende Kugel unter Einfluss derselben Kräfte, wenn letztere isolirt und ursprünglich unelektrisch ist, so dass sie nur durch Induction elektrisch wird. Ich machte nun zwei Versuchsreihen. Bei der ersten wurden zwischen zwei Condensatorplatten möglichst planparallele Platten verschiedener isolirender Substanzen gebracht. Der Condensator wurde mit einer Daniell'schen Batterie geladen, seine Capacität sowohl wenn Luft als auch wenn der Isolator zwischen

den Platten war, mittelst eines Thomson'schen Quadrantelektrometers bestimmt. Die isolirenden Platten lagen locker zwischen den Condensatorplatten, die noch dazwischen befindliche Luftschicht wurde ebenfalls der Rechnung unterzogen. Ebenso wurde wegen des Randes eine freilich nur annäherungsweise richtige Correction angebracht. Für Hartgummi, Schwefel, Paraffin und Colophonium gaben verschieden starke Ladungen, verschiedene Ladungsdauern, von 3 Minuten bis Bruchtheilen einer Secunde, verschieden dicke isolirende Platten und verschiedene Distanzen der Condensatorplatten constante Werthe für D und zwar fand ich

für Hartgummi . . . $D = 3{\cdot}17,\ 3{\cdot}11,\ 3{\cdot}20$;
für Schwefel . . . . $D = 3{\cdot}85,\ 3{\cdot}83$;
für Paraffin . . . . $D = 2{\cdot}34,\ 2{\cdot}28$;
für Colophonium . . $D = 2{\cdot}54,\ 2{\cdot}57$.

Die beiden angeführten Zahlen beziehen sich immer auf zwei verschiedene untersuchte Platten von verschiedener Dicke. Andere Versuche, wobei die isolirende Platte zwischen zwei Quecksilberflächen gebracht und die Capacität des so gebildeten Condensators untersucht wurde, ergaben

für Hartgummi . . . $D = 3{\cdot}05,\ 3{\cdot}10,\ 3{\cdot}24$;
für Paraffin . . . . $D = 2{\cdot}33,\ 2{\cdot}31$.

Die Zahl für Hartgummi ist wahrscheinlich deshalb etwas zu klein, weil das Quecksilber sich am Rande durch Capillarität nicht gut an das Hartgummi anlegte. Für Glas, Stearin und Guttapercha dagegen scheint D selbst für so geringe Ladungen nicht constant zu sein, sondern namentlich mit wachsender Ladungsdauer rasch zuzunehmen.

Die zweite Versuchsreihe bestätigte die zuletzt bemerkte Consequenz der Dielektricitätstheorie und zwar wurde sie hauptsächlich angestellt, um zu beweisen, dass die Veränderung der Capacität von Condensatoren durch Zwischenschichten in einer wirklichen Elektrisirung der kleinsten Theile derselben (oder Drehung der bereits elektrisirten) ihren Grund hat, nicht aber darin, dass die Elektricität etwa durch verschiedene Körper verschieden hindurch wirkt.

Es wurde eine Kugel aus dem zu untersuchenden isolirenden Materiale an vollkommen isolirenden Fäden an den einen Hebelarm einer sehr empfindlichen Drehwage gehängt, deren anderer Hebelarm mit einem Spiegel äquilibrirt war, mittelst dessen in der bekannten Weise die kleinsten Drehungen der Drehwage abgelesen werden konnten. In einiger Entfernung von der isolirenden Kugel stand eine fixe Kugel, die durch Funken einer Influenzmaschine geladen und wieder entladen werden konnte. Die ganze Drehwage befand sich in einer bis auf die erforderlichen Schlitze verschlossenen Schachtel aus Goldpapier, aus der nur die isolirende Kugel an ihrem Faden heraushing. Früher war sorgfältig geprüft worden, dass weder der Faden, an dem die Kugel hing, noch die in der Schachtel befindlichen Bestandtheile eine Einwirkung erfuhren, dass also der bei Elektrisirung der fixen Kugel eintretende Ausschlag der Drehwage nur von der Wirkung der Elektricität der fixen Kugel auf die isolirende herrühren konnte. Dass letztere nicht schon früher elektrisch war und sich auch nicht merklich dauernd elektrisirte, wurde constatirt, indem die fixe Kugel bald mehrmal nacheinander positiv, bald abwechselnd positiv und negativ geladen wurde. Genau an die Stelle der nicht leitenden Kugel konnte eine gleichgrosse leitende (ursprünglich unelektrische) Kugel gehängt werden, um die Einwirkung, welche beide erfuhren, zu vergleichen. Wenn auch die Schlagweite gleich blieb, so war es doch nicht möglich, der fixen Kugel bei den verschiedenen Versuchen, die theils nach Einhängung der isolirenden, theils nach Einhängung der leitenden, aber isolirten Kugel gemacht wurden, immer genau dieselbe Elektricitätsmenge zuzuführen. Um den daherrührenden Fehler corrigiren zu können, war die fixe Kugel mit einer zweiten fixen leitend verbunden, der eine ganz ähnliche Drehwage (aber mit leitend mit der Erde verbundener Kugel) gegenüber stand.

Der Ausschlag der zweiten Drehwage diente als Mass der mitgetheilten Elektricitätsmenge. Das Verfahren war nun folgendes: In die erste Drehwage wurde die nicht leitende Kugel eingehängt. Nun liess man einen Funken überspringen, welcher zunächst die beiden fixen Kugeln elektrisirte. Durch ihre Wirkung auf die Hängenden geriethen die beiden Drehwagen in

Schwingungen. Da sie nicht rasch genug zur Ruhe kamen, wurde ihr Ausschlag in bekannter Weise aus mehreren Ablesungen berechnet. Da die Ausschläge sehr klein waren, konnten sie als der Kraft proportional betrachtet werden. Den Ausschlag der ersten dividirt durch den der zweiten Drehwage bezeichne ich kurz als „die Anziehung der isolirenden Kugel“. Jetzt wurde an die Stelle der nichtleitenden die gleichgrosse leitende Kugel gehängt. Der Ausschlag der ersten Drehwage dividirt durch den der zweiten soll jetzt „die Anziehung der leitenden Kugel“ heissen. Der Quotient der Anziehung der nichtleitenden Kugel in die der leitenden ist jedesmal die in der folgenden Tabelle angeführte Zahl. Die Zahlen dieser Tabelle geben also an, um wie vielmal die leitende, aber isolirte Kugel stärker angezogen wird als eine gleich grosse unter denselben Umständen befindliche nichtleitende. Dieser Quotient war oft von der Zeit der Einwirkung abhängig.

	Zeit der Einwirkung				
	0'9	1'8	22½'	45'	90'
Schwefel	—	2·125	—	2·110	—
Hartgummi......	—	2·064	—	2·094	—
Paraffin.........	2·980	2·920	—	1·420	—
Colophonium	2·140	1·927	1·730	1·700	1·650

Um schon aus dieser vorläufigen Notiz eine beiläufige Schäzzung der von mir erzielten Genauigkeit möglich zu machen, theile ich die Details für die erste in der obigen Tabelle enthaltene Mittelzahl mit. Die Anziehung der Schwefelkugel 5mal gemessen ergab sich zu

$$\overset{+}{0{\cdot}560},\ \overset{+}{0{\cdot}547},\ \overset{-}{0{\cdot}548},\ \overset{-}{0{\cdot}562},\ \overset{+}{0{\cdot}559}\quad \text{Mittel } 0{\cdot}555.$$

Die Anziehung der gleich grossen leitenden Kugel aber war

$$\overset{+}{1{\cdot}175},\ \overset{+}{1{\cdot}180},\ \overset{-}{1{\cdot}188},\ \overset{-}{1{\cdot}173},\ \overset{+}{1{\cdot}179}\quad \text{Mittel } 1.179.$$

Die darüber stehenden Zeichen geben an, mit welcher Elektricität die fixen Kugeln geladen wurden. Der Quotient ist

$$\frac{1 \cdot 179}{0 \cdot 555} = 2 \cdot 125.$$

Nach der Dielektricitätstheorie sollten die in der obigen Tabelle enthaltenen Zahlen den Werth $\frac{D+2}{D-1}$ haben; also wenn man die aus der ersten Versuchsreihe von mir gefundenen Zahlen zu Grunde legt

für Schwefel	2·06
für Hartgummi	2·39
für Paraffin	3·28
für Colophonium . . .	2·93.

Die Zahl für Schwefel zeigt eine genügende Übereinstimmung; für denselben scheint also D innerhalb weiter Grenzen constant zu sein. Hartgummi wird bereits merklich stärker angezogen; für denselben scheint also D, folglich auch ε mit wachsender Ladung zu wachsen. Noch weit mehr gilt dies vom Colophonium und Paraffin, und zwar ist bei den beiden letzten D von der Zeit der Einwirkung abhängig. Je länger die elektrischen Kräfte wirken, desto bedeutender wird die dielektrische Polarisation. Leider gestattete mein, in Eile zusammengestellter Apparat in dieser Hinsicht keine sehr grosse Mannigfaltigkeit; auch konnte ich die Stärke der elektrisirenden Kraft nicht genügend variiren, um mit der Drehwage allein die Abhängigkeit des D von derselben zu constatiren. Ich glaube aber, dass meine Methode, die Anziehung isolirender Körper durch elektrische Kräfte zu prüfen, unter den verschiedensten Verhältnissen durchgeführt, im Stande wäre, noch reichen Aufschluss über das bisher so wenig erforschte Verhalten der Isolatoren im elektrischen Felde zu liefern.

Die erste Versuchsreihe führte ich im Laboratorium des Hrn. Geheimrath Helmholtz in Berlin, die zweite in dem des Hrn. Professor Töpler zu Graz aus, und ich sage den beiden Leitern dieser Institute den wärmsten Dank für die Zuvorkommenheit, mit der sie mir die Räumlichkeiten, Apparate etc. ihrer Institute zur

Verfügung stellten. Zu besonderem Danke bin ich auch noch Hrn. Dr. Albert v. Ettingshausen, Assistenten für Physik an der Grazer Universität, verpflichtet, welcher mich sowohl bei der Zusammenstellung der Apparate, als auch bei den Ablesungen (da immer in zwei Fernröhren gleichzeitig abgelesen werden musste) mit nicht geringen Opfern von Zeit und Mühe unterstützte.

Die hier mitgetheilten Zahlen gewinnen ein erhöhtes Interesse, wenn sie mit der Arbeit Maxwell's „A dynamical theory of the electromagnetic field“, Transactions of the Royal Society of London 1865, Part I, pag. 459 verglichen werden. Daselbst stellt nämlich Maxwell die Hypothese auf, dass Licht und Elektricität verschiedene Bewegungsformen eines und desselben Mediums sind, die sich beide aus den Bewegungsgleichungen, die er für jenes Medium aufstellt, ableiten lassen.

Aus diesen Bewegungsgleichungen folgt zwischen der Dielektricitätsconstante D und dem Brechungsindex i irgend einer Substanz die Relation

$$i = \sqrt{D\mu}$$

(siehe Maxwell's Gleichung 80). μ ist der Coëfficient der magnetischen Induction der betreffenden Substanz. Derselbe ist allerdings für keine der von mir untersuchten Substanzen bekannt. Doch lässt sich leicht zeigen, dass er unmöglich erheblich von dem der Luft verschieden sein kann; dass er also nahe gleich Eins ist, wenn man wieder den für Luft gleich Eins setzt. Die Vergleichung der Formel Maxwell's mit der Helmholtz'schen Formel für die Lichtgeschwindigkeit (Borchardt's Journal Bd. 72, S. 127) zeigt uns, dass μ der von Helmholtz eingeführten Grösse $1+4\pi\vartheta$ proportional ist. ($4\pi\epsilon$ und $1+4\pi\epsilon$ sind bei Maxwell identisch, da man aus Helmholtz's Theorie die Maxwell'sche erhält, wenn man den absoluten Werth von ϵ schon für Luft, also auch die andern Isolatoren sehr gross voraussetzt.) Die Polarisationsconstante ϑ ist nach Weber selbst für Wismuth nur $\frac{1}{400000}$ dividirt durch die Dichte des Wismuth. Aber selbst wenn man diese Zahl für zu unsicher hält, um weitere Schlüsse darauf zu bauen, so folgt schon aus dem Umstande, dass eine

Eisenkugel nach allen Beobachtungen viel stärker als 10000mal so stark angezogen wird, als eine gleich grosse Wismuthkugel, die ausserordentliche Kleinheit des ϑ. Setzt man nämlich selbst für Eisen $\vartheta = \infty$, so folgt daraus für Wismuth

$$\frac{4\pi\vartheta}{3+4\pi\vartheta} = \frac{1}{10000}.$$

Da wir hier alle Verhältnisse viel zu ungünstig annahmen und ϑ für meine Substanzen jedenfalls noch viel kleiner als für Wismuth ist, so kann wohl über die verschwindende Kleinheit von $4\pi\vartheta$ kein Zweifel obwalten. Es ist also für die von mir untersuchten Substanzen $\mu = 1$ zu setzen und es müsste nach der Maxwell'schen Ansicht über das Wesen des Lichts und der Elektricität der Brechungsexponent einfach die Quadratwurzel aus der Dielektricitätsconstante sein. Um diese Consequenz aus meinen Versuchen zu prüfen, stelle ich in der folgenden Tabelle die Quadratwurzeln von D mit den Brechungsexponenten der betreffenden Substanzen zusammen:

	$\sqrt{D}$	i
für Schwefel	1·960	2·040
für Colophonium . . .	1·597	1·543
für Paraffin	1·522	1·538, 1·516
für Hartgummi . . .	1·778	—

Der von mir nach der Wollaston'schen Methode bestimmte Brechungsexponent des wahrscheinlich doppeltbrechenden Paraffin fiel merkwürdiger Weise verschieden aus, je nachdem das Licht parallel oder senkrecht zur Reflexionsebene polarisirt war. Ersterem gehört der grössere, letzterem der kleinere der angeführten Brechungsexponenten an. Ich glaube, dass die Differenzen dieser Zahlen nicht so gross sind, dass sie nicht aus den bei Bestimmung der Dielektricitätsconstanten unvermeidlichen Fehlern erklärt werden könnten, besonders da D für eine und dieselbe Substanz jedenfalls nicht absolut constant ist. Dass ich die Dielektricitätsconstante für den Schwefel etwas zu klein fand, liesse sich ganz gut aus den Hohlräumen erklären, die sich in meinen Schwefelplatten thatsächlich vorfanden. Auch von der Dielektricitätsconstante des Colophoniums kann wegen

der grossen Schwierigkeit, gleich dicke Colophoniumplatten mit erträglich ebener Oberfläche zu erzeugen, keine allzugrosse Genauigkeit erwartet werden. Wenn daher meine Versuche auch gegenwärtig weder denjenigen Umfang noch diejenige Genauigkeit haben, dass sie als definitive Constatirung einer so wichtigen Consequenz wie der Identität des Lichtes mit der Elektricität betrachtet werden können, so muss doch das Resultat derselben als ein wichtiges Moment für die Richtigkeit dieser Theorie bezeichnet werden, und wenn mir anders die Möglichkeit geboten würde, meine Untersuchungen mit grösseren Mitteln fortzusetzen, so bezweifle ich nicht, dass es mir bei den reichen Erfahrungen, die ich über diesen Gegenstand gesammelt habe und bei der durch meine zweite Untersuchungsmethode gebotenen Möglichkeit, auch kleinere Quantitäten auf ihre Dielektricitätsconstante zu prüfen, gelingen würde, diese Frage ihrer Lösung zuzuführen.

XXIII. SITZUNG VOM 17. OCTOBER 1872.

Herr Prof. Dr. Ernst Haeckel in Jena dankt mit Schreiben vom 12. October für seine Wahl zum ausländischen, und Herr Dr. Jul. Hann, mit Schreiben vom 9. October, für seine Wahl zum inländischen correspond. Mitgliede der Classe.

Herr Prof. Dr. E. Mach in Prag übersendet eine Abhandlung: „Über die stroboskopische Bestimmung der Tonhöhe."

Derselbe übersendet ferner zwei von ihm, in Gemeinschaft mit Herrn Dr. J. Kessel ausgeführte Arbeiten, und zwar: 1. „Die Function der Trommelhöhle und der *Tuba Eustachii*"; und 2. „Versuche über die Accomodation des Ohres.".

Herr Otto Herman, ehem. Custos am siebenbürgischen Landes-Museum in Szász-Vesszös in Siebenbürgen, übermittelt eine Abhandlung, betitelt: „Das edle siebenbürgische Pferd. — Eine Berichtigung des betreffenden Artikels in M. Dr. Leop. Jos. Fitzinger's „„Versuch über die Abstammung des zahmen Pferdes und seiner Raçen.""

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Accademia delle Scienze dell'Istituto di Bologna: Memorie. Serie III. Tomo I., fasc. 1—4; Tomo II., Fasc. 1. Bologna, 1871 & 1872; 4⁰. — Indici generali dei dieci tomi della 2da serie delle Memorie. (1862—1870.) Bologna, 1871; 4⁰. — Rendiconto. Anno Accademico 1871—72. Bologna, 1872; 8⁰.
— R., delle Scienze di Torino: Atti. Vol. VII, Disp. 1a—7a. Torino, 1871—72; 8⁰. — Bollettino meteorologico ed astronomico del R. Osservatorio dell' Università di Torino. Anno VI. 1872. Quer-4⁰.

Akademie der Wissenschaften, Königl. Bayer., zu München: Sitzungsberichte der mathem.-physik. Classe. 1872. Heft 2. München; 8⁰.

Annalen der Chemie & Pharmacie, von Wöhler, Liebig & Kopp. N. R. Band LXXXVIII, Heft 1. Leipzig & Heidelberg, 1872; 8⁰.

Apotheker-Verein, allgem. österr.: Zeitschrift. 10. Jahrg., Nr. 29. Wien, 1872; 8°.

Arbeiten aus der physiologischen Anstalt zu Leipzig. VI. Jahrgang: 1871. Mitgetheilt durch C. Ludwig, Leipzig, 1872; 8°.

Bibliothèque Universelle et Revue Suisse: Archives des Sciences physiques et naturelles. N. P. Tome XLIVe. Nrs. 175—177. Genève, Lausanne, Paris, 1872; 8°.

Comitato, R., Geologico d'Italia: Bollettino. Anno 1872, Nr. 5 & 6. Firenze, 1872; gr. 8°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXV, Nr. 14. Paris, 1872; 4°.

Essex Institute: Proceedings and Communications. Vol. VI, Part 3. 1868—71. Salem, 1871; 8°. — Bulletin, Vol. III. 1871. Salem, 1872; 8°.

Gesellschaft, Deutsche, geologische: Zeitschrift. XXIV. Bd., 1. & 2. Heft. Berlin, 1872; 8°.

— Naturhistorische, zu Hannover: XXI. Jahresbericht. 1870 bis 1871. Hannover, 1871; 8°.

— österr., für Meteorologie: Zeitschrift. VII. Band, Nr. 18—19. Wien, 1872; 4°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXIII. Jahrgang, Nr. 41. Wien, 1872; 4°.

Istituto, R., Veneto di Scienze, Lettere ed Arti: Memorie. Vol. XVI, Parte 2; Vol. XVII, Parte 1. Venezia, 1872; 4°. — Atti. Tomo I°, Serie IV^a, Disp. 7^a—9^a. Venezia 1871—72; 8°.

Landbote, Der steirische, 5. Jahrgang, Nr. 21. Graz, 1872; 4°.

Mittheilungen aus J. Perthes' geographischer Anstalt. 18. Band, 1872, Heft IX. Gotha; 4°.

— des k. k. techn. & administr. Militär-Comité. Jahrgang 1872, 7—10. Heft. Wien; 8°.

— Mineralogische, gesammelt von G. Tschermak. Jahrgang 1872, Heft 2. Wien; kl. 4°.

Nature. Nr. 154, Vol. VI. London, 1872; 4°.

Observations, Astronomical and Meteorological, made at the United States Naval Observatory during the Year 1869. Washington, 1872; 4°. Nebst Appendix I & II. Washington, 1870 & 1872; 4°.

Repertorium für Experimental-Physik etc. von Ph. Carl. VIII. Band, 2. Heft. München, 1872; 8°.

Report of the Superintendent of the U. St. Coast Survey, during the Year 1868. Washington, 1871; 4°.

Report of the Commissioner of Agriculture for the Year 1870. Washington, 1871; 8⁰.

Reports, Monthly, of the Department of Agriculture for the Year 1871. Washington, 1872; 8⁰.

„Revue politique et littéraire" et „La Revue scientifique de la France et de l'étranger." IIme Année. 2e Série. Nr. 15. Paris & Bruxelles, 1872; 4⁰.

Smithsonian Institution: Annual Report, for the Year 1870. Washington, 1871; 8⁰.

Société Botanique de France: Bulletin. Tome XVIIe (1870). Comptes rendus 4; Tome XVIIIe (1871), Revue bibliographique E. Paris; 8⁰.

— des Sciences physiques et naturelles de Bordeaux: Mémoires. Tome VIII, 3me cahier. Paris & Bordeaux, 1872; 8⁰.

— Entomologique de France: Annales. Ve Série, Tome Ier. Paris, 1871; 8⁰.

— Malacologique de Belgique: Bulletin. Tome VII. Année 1872. Pag. I—LXXXII.; 8⁰.

— Géologique de France: Bulletin. 2e Série, Tome XXVIII. 1871, Nr. 4. Paris; 8⁰.

Society, The Royal, of London: Philosophical Transactions. For the Year 1870. Vol. 160, Part II; For the Year 1871. Vol. 161, Part I. London; 4⁰. — Proceedings. Vol. XIX. Nrs. 124—129. London, 1871; 8⁰. — List of Members 1870. — Catalogue of Scientific Papers (1800—1863.) Vol. V. London, 1871; 4⁰.

— The Chemical, of London: Journal. N. S. Vol. IX, August—December, 1871; Vol. X, January, May—July, 1872. London; 8⁰.

Verein, Naturwissenschaftlicher, zu Bremen: Abhandlungen. III. Band, 1. & 2. Heft. Bremen, 1872; 8⁰.

Vierteljahresschrift, österr., für wissenschaftl. Veterinärkunde. XXXVII. Band, 2. Heft. Wien, 1872; 8⁰.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXII. Jahrgang, Nr. 41. Wien, 1872; 4⁰.

Zeitschrift des österr. Ingenieur- & Architekten-Vereins. XXIV. Jahrgang, 13. Heft. Wien, 1872; 4⁰.

Über die stroboskopische Bestimmung der Tonhöhe.

Von E. Mach.

(Mit zwei Holzschnitten.)

Schon der Erfinder der stroboskopischen Methode, Plateau [1], gibt ein Verfahren und eine Formel an zur Bestimmung der Schwingungszahl der stroboskopisch beobachteten tönenden

---

[1] Bullet. de l' Académie Belgique III. p. 364 (1836). Vergl. auch meine Schrift: „Optisch-akustische Versuche. Die spectrale und stroboskopische Untersuchung tönender Körper.“ Prag. Calve 1872. S. 69. — Ich habe in Bezug auf die historische Exposition in dieser Schrift eine Berichtigung hinzuzufügen. Es heisst daselbst S. 69: „Will man ältere Methoden, welche auf Proceduren beruhen, die der stroboskopischen blos ähnlich sind, übergehen, so muss man sagen, dass der erste präcise und klare Vorschlag, die stroboskopische Scheibe zur Untersuchung rascher periodischer Bewegungen zu benützen, von Plateau herrührt.“ Ich bin nun zu diesem Passus hauptsächlich durch den Umstand veranlasst worden, dass Savart (Ann. de Chim. (1833). T. 53, p. 349) bei Beschreibung seines quergestreiften Bandes, welches er zur Untersuchung der Wasserstrahlen anwendet, keine Vorarbeiter anführt. Neuerdings habe ich mich aber überzeugt, dass die Sache doch anders steht.

Die erste Besprechung der Radspeichencurven durch Roget (Philosoph. Transactions 1825) abgerechnet, verdanken wir die erste genaue Untersuchung der Radspeichencurven und der verwandten Erscheinungen, also alles dessen, was zur stroboskopischen Methode führen konnte und musste, Plateau; so dass also auch in Bezug auf das von Savart angewandte Princip und die Faradey'schen Beobachtungen über Zahnräder, Plateau die Priorität zukommt. Vergl. Ann. de Chim. (1831). T. 48. — Die Abhandlungen von Plateau über die betreffenden Gegenstände befinden sich: Correspondance mathématique etc. par Quételet 1828, p. 393 und 1839, p. 121. — Dissert. sur quelques propriétés des impressions produites par la lumière sur l'organe de la vue. Liége 1829.

Körper. Auch Doppler[1], der einige Jahre später die stroboskopische Methode wieder zur Sprache bringt, weist auf die Bestimmung der Schwingungszahlen durch dieselbe hin. Endlich hat in neuester Zeit v. Obermayer[2] derartige Versuche wirklich ausgeführt mit Hilfe eines Elektromotors, der mit einem Zählwerk und zur Regulirung mit einem Quecksilberagometer versehen war, auf welchen überdies verschiedene durchlöcherte Scheiben aufgesetzt werden konnten.

Ob die stroboskopische Bestimmung der Schwingungszahl einer grösseren oder auch nur derselben Genauigkeit fähig sei, wie eine directe Bestimmung, namentlich wenn man das Verfahren der obigen Autoren anwendet, muss ich vorläufig dahingestellt sein lassen. Es wird erlaubt sein, daran zu zweifeln, wenn man bedenkt, dass man bei der Geschwindigkeitsmessung des stroboskopischen Apparates dieselben Schwierigkeiten zu überwinden hat, welchen die directe Bestimmung unterliegt.

Mir scheint der grosse Vortheil, welchen die stroboskopische Bestimmung bietet, in einem ganz anderen Umstande zu liegen. Diese Bestimmung kann nämlich äusserst rasch vorgenommen werden. Freilich muss man dann dem Apparate eine andere Einrichtung geben, als dies bisher gebräuchlich war.

Ich will diese Einrichtung hier kurz beschreiben. Ich verfiel auf dieselbe, als ich mit Herrn Dr. Kessel Versuche über die Schwingungen des lebenden menschlichen Ohres ausführte, bei welchen es sich darum handelte, rasch grosse Tonreihen mit der Sirene durchzunehmen und die gewissen Schwingungszahlen entsprechenden Schwingungsmaxima des Ohres aufzusuchen.

Bei diesen schleifenden Tönen ist natürlich das Zählwerk der Sirene unbrauchbar. Der erste vorläufige Versuch mit einem Rudimente des zu beschreibenden Apparates wurde schon zu Anfang des Jahres 1871 angestellt.

Stellen wir uns (Fig. 1) auf einem ebenen Blatte eine unbegrenzte Gerade AA vor, welche in gleiche Theile getheilt ist.

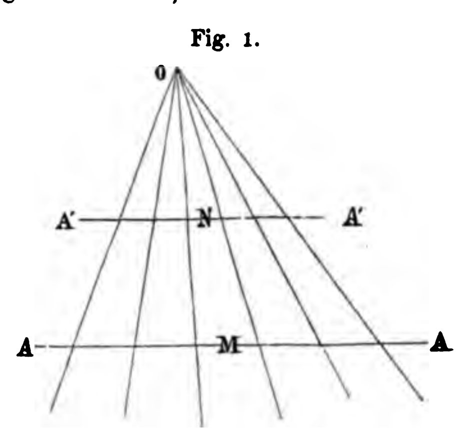
---

[1] Abhandl. d. kön. böhm. Gesellschaft. V. Folge. 3. Bd. S. 779 (1845) und Optisch-akustische Versuche. S. 72.

[2] Sitzb. d. Wien. Akad. Bd. 63. S. 249 (1871).

Von O aus ziehen wir durch die Theilungspunkte scharf markirte Strahlen. Diese Strahlen theilen dann jede zu AA parallele Gerade $A'A'$ ebenfalls in gleiche Theile, deren Grösse von dem Abstande von $A'A'$ und O abhängt. Denken wir uns nun die ganze Ebene mit solchen Strahlen erfüllt und dann nach der Richtung AA mit einer solchen constanten Geschwindigkeit bewegt, dass für das ruhende einen Punkt M in AA fixirende Auge n Strahlen in der Secunde vorbeigehen; so passirt das Auge, wenn wir die Zahl der in der Secunde vorbeigehenden Streifen als Schwingungszahl auffassen, alle Schwingungszahlen von n bis ∞, sobald sich sein Fixationspunkt von M bis O bewegt. Man könnte also auf MO einfach eine Scale der Schwingungszahlen auftragen.

Fig. 1.

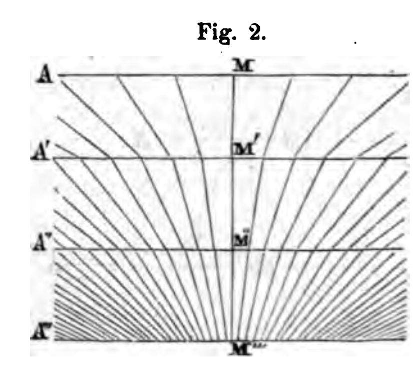


Eine solche Scale wäre aber unbrauchbar, weil die Schwingungszahlen mit wachsender Höhe rasch in ununterscheidbar kleine Entfernungen zusammenrücken würden. Dieser Übelstand lässt sich jedoch leicht vermeiden. Wollte man, dass gleiche musikalische Intervalle sich auch als gleiche Schritte auf MO markiren, so müssten die Logarithmen der Schwingungszahlen auf der Scale MO proportional den Entfernungen der betreffenden Punkte von M (gegen O hin gerechnet) sein. Nennen wir also letztere Entfernung x, so hätten wir $\log n = kx$, wobei k constant. Nehmen wir MO als X-Axe und AA als Y-Axe. Legen wir ferner durch die Theilungspunkte von AA Curven, welche jede zu AA parallele an MO das Stück $MN = x$ abschneidende Gerade $A'A'$ in gleiche Abschnitte von der Grösse y theilen; so ist die Schwingungszahl in der Entfernung x von M $n = \frac{a}{y}$, wenn a die Länge eines Theiles von AA ist und die Schwingungszahl für $AA = 1$ gesetzt wird. Aus beiden Gleichungen ergibt sich

die Gleichung der an MO zunächst liegenden Curve $y = \pm ae^{-kx}$. Die übrigen Curven haben dann die Gleichungen $y = \pm 2ae^{-kx}$, $y = \pm 3ae^{-kx}$ u. s. w.

In der Praxis gestaltet sich die Sache einfacher. Man wird zufrieden sein, wenn alle Octavenschritte auf MO sich als gleiche Distanzen markiren. Man zieht die parallelen gleich abstehenden Geraden $AA'A''$ ... und senkrecht hindurch den Strahl MM'''. Man theilt A in gleiche Theile und legt durch die Theilungspunkte Strahlen, welche sich in M' treffen, zieht dieselben aber blos bis A aus. Von da zieht man die Strahlen sämmtlich weiter nach dem Scheitel M'', indem man sozusagen das Strahlenbüschel knickt. Die bis A'' ausgezogenen Strahlen setzt man nun nach dem Scheitel M^{IV} fort u. s. w. Die Schwingungszahl wächst dann sichtlich von A bis A' um eine Octave, ebenso von A' bis A'' u. s. f.

Fig. 2.



Streng genommen müsste man nun diese Construction, damit sie bewegt denselben optischen Eindruck hervorruft, wie eine Reihe Körper von allmälig wachsender Schwingungszahl, auf einem unendlichen Blatte ausführen. Allein da periodisch wechselnde Lichteindrücke schon in einer mässigen Zeit einen bleibenden Eindruck hervorbringen und da anderseits dieser Eindruck eine gewisse Zeit nicht überdauert, so genügt schon ein Blatt von sehr mässiger Ausdehnung.

Man begrenzt das Blatt durch zwei zu A und durch zwei zu MM''' parallele Schnitte und bildet daraus die Mantelfläche eines Cylinders in der Weise, dass MM' zur Axe des Cylinders parallel bleibt.

Mein Apparat trägt einen mit constanter Geschwindigkeit rotirenden Cylinder, welcher drei Umdrehungen in der Secunde macht und der in fünf Octaven getheilt ist. An einem Ende des Cylinders beginnen 10 Streifen, welche gegen das andere Ende zu immer zahlreicher und dichter werden, so dass dieses letztere

320 Streifen trägt. Auf dem Cylinder sind also alle Schwingungszahlen von 30—60 vertreten.

Bringen wir nun an der Axe einer Sirene eine Scheibe mit äquidistanten radialen Spalten von derselben Zahl an wie die Löcher der Tonscheibe und betrachten durch dieselbe, während der Ton der Sirene langsam in die Höhe zieht, unsern rotirenden Cylinder. Vermöge des stroboskopischen Principes sehen wir die Streifen dort einfach und ruhig, wo sie in der Secunde in gleicher Anzahl am Auge vorbeigehen wie die Spalten der Scheibe. Haben wir also an den Cylinder eine Schwingungszahlen-Scale angelegt, so können wir leicht an der Stelle, welche dem ruhig und scharf erscheinenden Ring des Cylinders entspricht, die momentane Schwingungszahl der Sirene einfach ablesen.

Aus der Endlichkeit des Cylinderumfanges erwächst eine kleine Störung, die jedoch nicht viel zu bedeuten hat. Wo nämlich die Streifendistanz nicht genau in dem Umfange des Cylinders aufgeht, und dies ist an den meisten Stellen der Fall, da stimmt das stroboskopische Bild bei der zweiten Umdrehung des Cylinders nicht mehr mit jenem bei der ersten. Ein Dritttheil einer Secunde genügt aber vollständig zur Befestigung des stroboskopischen Eindruckes und man wird daher blos dreimal in der Secunde das stroboskopische Bild einen leichten Ruck machen sehen, was die Beobachtung nicht wesentlich stört. Wären die Streifen Schlitze des Cylindermantels, die man anblasen könnte (und in der That liesse sich eine solche Scalensirene construiren), so würden sich diese Stösse als eine leichte Rauhigkeit des Tones bemerkbar machen. Optisch sind sie noch unschädlicher.

Wo die vorbeigehende Streifenzahl der vorbeigehenden Spaltenzahl gleich ist, erscheinen die Streifen ruhig. An den beiden benachbarten Stellen ist aber einerseits die Streifenzahl kleiner, anderseits grösser. Wo die Streifenzahl grösser ist, scheinen die Streifen im Umdrehungssinn, wo sie kleiner ist, hingegen umgekehrt zu laufen. Daraus geht aber hervor, wie es auch der Versuch lehrt, dass man kurze Streifenstücke mit verwachsenen Enden sehen wird, welche sich um die ruhig erscheinenden Stellen drehen werden.

Man sieht natürlich nicht nur jene Cylinderstelle einfach und ruhig, welche der Schwingungszahl der Sirene entspricht, sondern auch alle jene Cylinderstellen, welche den harmonischen Obertönen der Sirene entsprechen. An allen diesen Stellen erscheinen die Streifen einfach, ruhig, und in voller Schwärze. Man bemerkt leicht, dass unter diesen Stellen diejenige, welche die kleinste Schwingungszahl angibt, mit der Schwingungszahl der Sirene übereinstimmt.

Ausserdem erscheinen noch ruhig, aber nicht mehr einfach, alle jene Cylinderstellen, welche harmonische Intervalle zum Sirenenton angeben, unter diesen z. B. auch die harmonischen Untertöne. Verhält sich die Schwingungszahl der Cylinderstelle zu jener der Sirene wie die ganze Zahl p zur ganzen Zahl q, so erscheint diese Stelle ruhig und q-fach[1]. — Solche Stellen unterscheiden sich von den früher erwähnten durch die viel grössere Blässe der Streifen.

Die den aufgezählten Cylinderstellen benachbarten erscheinen leicht flimmernd und die übrigen Cylindertheile gleichförmig grau. Man bemerkt, dass unser rotirender Cylinder durch die optische Scheibe betrachtet, eine vollständige Übersicht aller möglichen stroboskopischen Erscheinungen bietet.

Es handelt sich nun um das Detail des Apparates. Der Cylinder, um welchen das gestreifte Papier gelegt wird, trägt an seiner Axe eine kleine Rolle mit einem gerieften Schnurlauf. Diese Rolle ist mit einer grösseren, an deren Welle das Gewicht wirkt, durch eine Schnur verbunden. Das Gewicht wirkt mittelst einer endlosen Schnur, wie dies an vielen Uhrwerken und namentlich an den durch Gewichte getriebenen Morse'schen Schreibapparaten gebräuchlich ist. Diese Schnur ist durch ein kleines Gegengewicht belastet und geht über ein mit einer Kurbel und einseitig wirkenden Sperrzähnen versehenes Rad, so dass der Apparat, ohne den Gang aufzuhalten, aufgezogen werden kann. Der Cylinder treibt mit Hilfe eines Zahnrades, der Gleichmässigkeit des Ganges wegen, noch rasch laufende Windflügel.

---

[1] Optisch-akustische Versuche. S. 63.

Der Apparat läuft sehr gleichmässig. Man überzeugt sich hievon z. B., wenn man im dunklen Zimmer den rotirenden Cylinder mit Sonnenlicht durch die Lichtunterbrechungsgabel [1] beleuchtet. Jede Ungleichmässigkeit muss sich durch ein Schwanken der ruhig erscheinenden Streifenringe nach der Axenrichtung des Cylinders verrathen. Ein solches Schwanken tritt nicht ein.

Man sieht leicht, dass der Apparat sich auch für genauere Bestimmungen eignet, wenn man neben dem Papiermantel von fünf Octaven noch fünf andere Papiermäntel zum Aufschieben vorräthig hält, von welchen jeder auf die ganze Länge des Cylinders nur eine Octave enthält und also zur genaueren Bestimmung der vorläufig ermittelten Schwingungszahl dienen kann.

Offenbar kann man nicht blos die Schwingungszahl einer Sirene, sondern auch jene eines andern tönenden Körpers mit unserem Apparat bestimmen. Stellen wir eine Saite auf einem durchbrochenen Monochord so, dass sie senkrecht zur Axe des Cylinders läuft, so erscheinen sofort einfache Zacken im Schwingungsfeld, wenn man die gestrichene Saite mit der Cylinderstelle von gleicher Schwingungszahl optisch deckt. Eine ähnliche Erscheinung präsentirt sich, wenn man ein Spiegelsplitterchen (versilbertes Mikroskopdeckglas) an eine Stimmgabelzinke klebt und in dem schwingenden Spiegelchen den Cylinder betrachtet, wobei aber die Gabel so zu halten ist, dass die scheinbare Schwingung des Cylinders nach seiner Axenrichtung stattfindet. Auch hier zeigen sich charakteristische Figuren an der der Schwingungszahl entsprechenden Stelle. Einfach ist ferner die Schwingungszahl eines Körpers, z. B. einer Pfeife, mit Hilfe eines König'schen Brenners von kleiner Flamme zu ermitteln. Man beleuchtet mit demselben im dunklen Zimmer den Cylinder und liest an der tiefsten einfach, ruhig und vollkommen scharf erscheinenden Stelle die Schwingungszahl ab.

Ich glaube, obwohl ich es noch nicht versucht habe, dass der Apparat noch eine Art Umkehrung verträgt. Man wird die

[1] Optisch-akustische Versuche. S. 83.

Streifenconstruction von dem Cylinder auf eine Scheibe übertragen können. Denkt man sich nun statt der Streifen auf der Scheibe Schlitze, oder auf einer sonst mit Tusche überzogenen Glasscheibe freie Stellen, so hat man an einer solchen constant rotirenden Scheibe eine stroboskopische Scale. Man kann durch dieselbe die schwingenden Körper direct beobachten und für die ruhig erscheinenden die Schwingungszahl ablesen.

Auf neue optische Spielzeuge, welche sich hierauf gründen liessen, will ich hier nicht eingehen.

Weitere Studien über das Wärmegleichgewicht unter Gasmolekülen.

Von **Ludwig Boltzmann** in Graz.

(Mit 1 Holzschnitten.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 10. October 1872.)

Die mechanische Wärmetheorie setzt voraus, dass sich die Moleküle der Gase keineswegs in Ruhe, sondern in der lebhaftesten Bewegung befinden. Wenn daher auch der Körper seinen Zustand gar nicht verändert, so wird doch jedes einzelne seiner Moleküle seinen Bewegungszustand beständig verändern, und ebenso werden sich die verschiedenen Moleküle gleichzeitig neben einander in den verschiedensten Zuständen befinden. Lediglich dem Umstande, dass selbst die regellosesten Vorgänge, wenn sie unter denselben Verhältnissen vor sich gehen, doch jedesmal dieselben Durchschnittswerthe liefern, ist es zuzuschreiben, dass wir auch im Verhalten warmer Körper ganz bestimmte Gesetze wahrnehmen. Denn die Moleküle der Körper sind ja so zahlreich und ihre Bewegungen so rasch, dass uns nie etwas anderes, als jene Durchschnittswerthe wahrnehmbar wird. Man möchte die Regelmässigkeit jener Durchschnittswerthe mit der bewunderungswürdigen Constanz der von der Statistik gelieferten Durchschnittszahlen vergleichen, welche ja auch aus Vorgängen abgeleitet sind, von denen jeder einzelne durch ein ganz unberechenbares Zusammenwirken der mannigfaltigsten äusseren Umstände bedingt ist. Die Moleküle sind gleichsam eben so viele Individuen, welche die verschiedensten Bewegungszustände haben, und nur dadurch, dass die Anzahl derjenigen, welche durchschnittlich einen gewissen Bewegungszustand haben, constant ist, bleiben die Eigenschaften des Gases unverändert. Die Bestimmung von Durchschnittswerthen ist Aufgabe der Wahrscheinlichkeitsrechnung. Die Probleme der mechanischen Wärmetheorie sind daher Probleme der Wahr-

scheinlichkeitsrechnung. Es wäre aber ein Irrthum, zu glauben, dass der Wämetheorie deshalb eine Unsicherheit anhafte, weil daselbst die Lehrsätze der Wahrscheinlichkeitsrechnung in Anwendung kommen. Man verwechsle nicht einen unvollständig bewiesenen Satz, dessen Richtigkeit in Folge dessen problematisch ist, mit einem vollständig erwiesenen Satze der Wahrscheinlichkeitsrechnung; letzterer stellt, wie das Resultat jedes anderen Calcüls, eine nothwendige Consequenz gewisser Prämissen dar, und bestätigt sich, sobald diese richtig sind, ebenso in der Erfahrung, wenn nur genügend viele Fälle der Beobachtung unterzogen werden, was bei der enormen Anzahl der Körpermoleküle in der Wärmetheorie immer der Fall ist. Nur scheint es hier doppelt geboten, bei den Schlüssen mit der grössten Strenge zu verfahren. Will man daher nicht blos beiläufige Werthe der in der Gastheorie vorkommenden Grössen muthmassen, sondern eine exacte Theorie derselben in Angriff nehmen, so muss vor allem die Wahrscheinlichkeit der verschiedenen Zustände bestimmt werden, welche an einem und demselben Moleküle im Verlaufe einer sehr langen Zeit und an den verschiedenen Molekülen gleichzeitig vorkommen, d. h. es muss berechnet werden, wie sich die Zahl jener Moleküle, deren Zustand zwischen gewissen Grenzen liegt, zur Gesammtanzahl der Moleküle verhält. Es wurde dieses Problem bereits von Maxwell und mir in verschiedenen Abhandlungen behandelt, ohne dass jedoch bis jetzt eine vollständige Lösung gelungen wäre. In der That scheint dieselbe namentlich in dem Falle, wo jedes Molekül wieder aus mehreren materiellen Punkten (den Atomen) besteht, sehr schwierig, da man die Bewegungsgleichungen bereits für einen Complex von drei Atomen nicht mehr zu integriren vermag. Allein bei näherer Betrachtung erweist es sich als doch nicht so unwahrscheinlich, dass sich jene Wahrscheinlichkeit aus den blossen Bewegungsgleichungen ohne deren Integration wird ableiten lassen. Denn die zahlreichen einfachen Gesetze über das Verhalten der Gase zeigen, dass der Ausdruck für jene Wahrscheinlichkeit gewisse allgemeine, von der speciellen Natur der Gase unabhängige Eigenschaften besitzen muss, und gerade derartige allgemeine Gesetze lassen sich nicht selten schon aus den blossen Bewe-

gungsgleichungen ableiten, ohne dass deren Integration dazu erforderlich wäre. In der That gelang es mir, das Problem für Gasmoleküle, die aus beliebig vielen Atomen bestehen, der Lösung zuzuführen. Ich will jedoch hier, der besseren Übersicht halber, zunächst den einfachsten Fall behandeln, dass jedes Molekül ein einzelner materieller Punkt ist. Hieran schliesse ich dann erst den allgemeinen, in dem übrigens die Durchführung der Rechnung im Wesen ganz dieselbe ist.

I. Betrachtung einatomiger Gasmoleküle.

Sei irgend ein Raum mit sehr vielen Gasmolekülen erfüllt, deren jedes ein einfacher materieller Punkt ist. Jede Molekül fliege während des grössten Theiles der Zeit geradlinig mit gleichförmiger Geschwindigkeit fort. Nur wenn sich zwei Moleküle zufällig sehr nahe kommen, beginnen sie auf einander einzuwirken. Ich nenne diesen Vorgang, während dessen zwei Moleküle auf einander einwirken, einen Zusammenstoss der beiden Moleküle, ohne dass jedoch dabei an einen Stoss elastischer Körper zu denken ist; die während des Zusammenstosses wirksamen Kräfte können vielmehr ganz beliebig sein. Selbst wenn zu Anfang der Zeit alle Moleküle dieselbe Geschwindigkeit besessen hätten, würden sie dieselbe im Verlaufe der Zeit nicht immer beibehalten. In Folge der Zusammenstösse werden vielmehr einige Moleküle grössere, andere kleinere Geschwindigkeiten annehmen, bis sich endlich eine solche Vertheilung der Geschwindigkeiten unter den Molekülen hergestellt hat, dass dieselbe durch die Zusammenstösse nicht weiter verändert wird. Bei dieser schliesslich sich herstellenden Geschwindigkeitsvertheilung werden im Allgemeinen alle möglichen Geschwindigkeiten von Null bis zu einer sehr grossen Geschwindigkeit vorkommen. Die Zahl der Moleküle, deren Geschwindigkeit zwischen v und $v+dv$ liegt, wollen wir mit $F(v)dv$ bezeichnen. Dann bestimmt uns also die Function F die Geschwindigkeitsvertheilung vollständig. Für den Fall einatomiger Moleküle, den wir jetzt betrachten, fand bereits Maxwell für $F(v)$ den Werth $Av^2e^{-Bv^2}$, wobei A und B Constanten sind, so dass also die Wahrscheinlichkeit der verschiedenen

Geschwindigkeiten durch eine ähnliche Formel gegeben wird, wie die Wahrscheinlichkeit der verschiedenen Beobachtungsfehler in der Theorie der Methode der kleinsten Quadrate. Der erste Beweis jedoch, den Maxwell für diese Formel gab, wird von ihm selbst als unrichtig bezeichnet. Später gab er zwar einen sehr eleganten Beweis dafür, dass, wenn man die obige Geschwindigkeitsvertheilung einmal unter den Glasmolekülen hergestellt hat, dieselbe in der That durch die Zusammenstösse nicht weiter verändert wird. Er sucht auch zu beweisen, dass es die einzige Geschwindigkeitsvertheilung von der betrachteten Eigenschaft ist. Allein der letztere Beweis scheint mir wieder Fehlschlüsse zu enthalten[1]. Es ist somit noch nicht bewiesen,

[1] Erstlich sollte Maxwell eigentlich beweisen, dass eben so oft ein Paar von Molekülen ihre Geschwindigkeit von *OA*, *OB* in *OA'*, *OB'* verwandeln, wie umgekehrt, während er thatsächlich nur davon spricht, dass ein Molekül eben so oft seine Geschwindigkeit von *OA* in *OA'*, als von *OA'* in *OA* verwandelt; dann behauptet Maxwell, dass, wenn die Geschwindigkeit *OA* öfter in *OA'* als umgekehrt übergehe, um ebensoviel öfter die Geschwindigkeit *OA'* in *OA''* als umgekehrt übergehen müsse, weil sonst die Anzahl der Moleküle mit der Geschwindigkeit *OA'* nicht constant bleiben könnte, welcher Schluss nur erlaubt wäre, wenn die Geschwindigkeit *OA'* in gar keine andere, als *OA* und *OA''* übergehen könnte. In der That kann nur geschlossen werden, dass eine oder mehrere Geschwindigkeiten *OA''*, *OA'''*... existiren, in welche die Geschwindigkeit *OA'* öfter übergeht, als umgekehrt. Um endlich zu beweisen, dass es nicht möglich sei, dass die Geschwindigkeit eines Moleküls öfter von *OA* in *OA'* als umgekehrt übergehe, sagt Maxwell, dasselbe müsste sonst eine in sich zurücklaufende Reihe von Geschwindigkeiten *OA*, *OA'*, *OA''*...*OA* lieber in der einen, als in der umgekehrten Ordnung durchlaufen. Dies könne aber nicht sein, denn es liesse sich kein Grund angeben, behauptet er, weshalb das Molekül diesen Cyclus lieber in der einen als in der anderen Ordnung durchlaufe. Diese letztere Behauptung aber scheint mir das zu beweisende als schon bewiesen anzunehmen. Denn nehmen wir bereits als bewiesen an, dass sich die Geschwindigkeit eines Moleküls eben so oft von *OA* in *OA'*, wie umgekehrt, verwandelt, dann wäre freilich kein Grund, warum es diesen Cyclus lieber in der einen, als in der anderen Ordnung durchlaufe. Nehmen wir dagegen den zu beweisenden Satz noch nicht als erwiesen an, so wäre gerade die Thatsache, dass sich die Geschwindigkeit eines Moleküls lieber von *OA* in *OA'*, als umgekehrt, lieber von *OA'* in *OA''*, als von *OA''* in *OA'* u. s. w. verwandelt, der Grund, weshalb dasselbe jene

dass, wie immer der Zustand des Gases zu Anfang gewesen sein mag, er sich immer dieser von Maxwell gefundenen Grenze nähern muss. Es könnte sein, dass es ausser dieser noch verschiedene andere mögliche Grenzen gibt. Dieser Beweis gelingt aber leicht mittelst der Auffassungsweise des Problems, zu deren Auseinandersetzung ich jetzt schreiten will, und welche zudem den Vortheil bietet, dass sie sich direct auf mehratomige Moleküle, also auf den in der Natur wahrscheinlich allein vorkommenden Fall übertragen lässt.

Ich beginne damit, das Problem nochmals genau zu definiren. Gesetzt also, wir hätten irgend einen Raum R, in demselben befinden sich sehr viele Gasmoleküle. Jedes Molekül ist ein einfacher materieller Punkt, der sich in der bereits geschilderten Weise bewegt. Während des grössten Theiles der Zeit fliegt er geradlinig mit gleichförmiger Geschwindigkeit fort. Nur wenn sich zwei Moleküle sehr nahe kommen, beginnen sie auf einander zu wirken. Das Wirkungsgesetz der Kräfte, die während eines Zusammenstosses wirksam sind, muss uns natürlich gegeben sein. Ich will aber bezüglich desselben gar keine beschränkende Annahme machen. Es kann uns gegeben sein, dass zwei Moleküle wie elastische Kugeln von einander abprallen; es kann uns auch jedes beliebige andere Wirkungsgesetz gegeben sein. Bezüglich der Gefässwände, welche das Gas umschliessen, will ich jedoch voraussetzen, dass die Moleküle an denselben wie elastische Kugeln reflectirt werden. Es würde da auch jedes beliebige Wirkungsgesetz dieselben Formeln liefern. Aber es vereinfacht die Sache, wenn wir uns über das Gefäss diese specielle Vorstellung machen. Wir stellen uns nun folgendes Problem: Es sei zu Anfang der Zeit also für $t = 0$, der Ort, die Geschwindigkeit und die Geschwindigkeitsrichtung jedes unserer Moleküle gegeben. Es wird gefragt, welches ist der Ort, die Geschwindigkeit und die Geschwindigkeitsrichtung jedes Moleküls nach Verlauf einer beliebigen

---

Reihe von Geschwindigkeiten lieber in der Ordnung OA, OA', OA'' ... OA, als in der umgekehrten durchlaufen würde. Beide Vorgänge sind ja nichts weniger als identisch. Es kann daher auch nicht a priori auf ihre gleiche Wahrscheinlichkeit geschlossen werden.

Zeit t. Da uns die Gestalt des Gefässes R, sowie das Wirkungsgesetz der während der Zusammenstösse wirksamen Kräfte gegeben ist, so ist dieses Problem natürlich ein vollständig bestimmtes. Es ist jedoch klar, dass es in dieser Allgemeinheit nicht vollständig auflösbar ist. Die Lösung wird aber eine viel leichtere, wenn wir an die Stelle dieses ganz allgemeinen Problems nur ein etwas specielleres setzen. Nur zwei ganz in der Natur der Sache liegende Beschränkungen wollen wir da hinzunehmen. Es ist zunächst klar, dass nach Verlauf einer sehr langen Zeit für die Geschwindigkeitsrichtung eines Moleküls jede Richtung im Raume gleich wahrscheinlich sein wird. Handelt es sich daher blos darum, die nach langer Zeit sich herstellende Geschwindigkeitsvertheilung zu finden, so können wir annehmen, dass schon zu Anfang jede Geschwindigkeitsrichtung gleich wahrscheinlich gewesen sei. Es kann der allgemeinste Fall auf keine anderen schliesslichen Zustandsvertheilungen führen, als dieser speciellere. Dies sei die erste Beschränkung, welche wir machen wollen. Die zweite sei, dass die Geschwindigkeitsvertheilung schon zu Anfang der Zeit eine gleichförmige gewesen sei. Ich muss da zunächst erklären, was ich unter einer gleichförmigen Geschwindigkeitsvertheilung verstehe. Es wird für die Folge besser sein, statt der Geschwindigkeit die lebendige Kraft eines Moleküls einzuführen. Thun wir das gleich jetzt. Es sei x die lebendige Kraft eines unserer Gasmoleküle, so dass also $x = \frac{mv^2}{2}$ ist. R ist der gesammte Raum, in dem unser Gas eingeschlossen ist. Construiren wir in diesem Raume R einen kleineren (r will ich ihn nennen), dessen Gestalt ganz beliebig ist, dessen Volumen aber gleich eins sein soll. Wir setzen voraus, dass im Raume r noch immer sehr viele Moleküle sind, dass also seine Dimensionen gross gegen die mittlere Distanz zweier Nachbarmoleküle sind, worin keine Beschränkung liegt, da wir ja die Volumeinheit so gross wählen können, als wir wollen. Die Anzahl der Moleküle im Raume r, deren lebendige Kraft zur Zeit t zwischen x und $x+dx$ liegt, will ich mit $f(x, t)dx$ bezeichnen. Dieselbe wird im Allgemeinen davon abhängen, wo ich den Raum r im Raume R construire. Es könnten sich z. B. rechts im Raume R die schnelleren,

links die langsameren Moleküle befinden. Dann würde die Anzahl $f(x, t)dx$ verschieden ausfallen, je nachdem ich den Raum r rechts oder links im Raume R construire. Wenn nun dies nicht der Fall ist, wenn die Anzahl $f(x, t)dx$ zu einer gegebenen Zeit vollkommen gleich ausfällt, wo immer ich den Raum r im Raume R construiren mag, so sage ich, die Vertheilung der lebendigen Kraft sei zur Zeit t eine gleichförmige, d. h. also nichts anderes, als die Moleküle mit den verschiedenen lebendigen Kräften sind gleichförmig unter einander gemischt. Es sind nicht rechts die schnelleren, links die langsameren, oder umgekehrt. Es ist da wieder klar, dass nach Verlauf einer sehr langen Zeit die Vertheilung der lebendigen Kraft eine gleichförmige wird; denn dann ist ja jeder Ort im Gase gleichberechtigt. Die Wände stören nicht, da an ihnen die Moleküle wie elastische Kugeln reflectirt werden; also gerade so von ihnen zurücktreten, als ob der Raum jenseits der Wände von gleich beschaffenem Gase erfüllt wäre. Wir können daher wieder annehmen, dass schon zu Anfang der Zeit die Geschwindigkeitsvertheilung eine gleichförmige war. Dies, sowie die gleiche Wahrscheinlichkeit jeder Geschwindigkeitsrichtung zu Anfang der Zeit sind die beiden beschränkenden Annahmen, unter denen wir zunächst das Problem behandeln werden. Es ist klar, dass diese beiden Bedingungen dann auch für alle folgende Zeit erfüllt sein werden, dass also der Zustand des Gases zur Zeit t durch die Function $f(x, t)$ vollständig bestimmt ist. Gegeben sei uns der Zustand unseres Gases zu Anfang der Zeit, also $f(x, 0)$. Gefunden soll werden der Zustand nach Verlauf einer beliebigen Zeit t, also $f(x, t)$. Der Weg, den wir da einschlagen werden, ist derselbe, den man in ähnlichen Fällen immer einschlägt. Wir berechnen zuerst, um wie viel sich die Function $f(x, t)$ während einer sehr kleinen Zeit τ verändert; hiedurch erhalten wir zunächst eine partielle Differentialgleichung für $f(x, t)$; dieselbe muss dann so integrirt werden, dass f für $t = 0$ den gegebenen Werth $f(x, 0)$ annimmt. Wir haben also jetzt eine doppelte Aufgabe vor uns, erstens die Aufstellung der partiellen Differentialgleichung und zweitens deren Integration. Wenden wir uns zuerst an die erste Aufgabe. $f(x, t)dx$ ist die Zahl der Moleküle in der Volumeinheit, deren lebendige Kraft zur Zeit t zwischen

x und $x+dx$ liegt. So lange ein Molekül mit keinem andern zusammenstösst, behält es seine lebendige Kraft unverändert bei. Würden also keine Zusammenstösse erfolgen, so würde sich die Zahl der Moleküle, deren lebendige Kraft zwischen x und $x+dx$ liegt, also $f(x,t)$ gar nicht ändern; diese Function ändert sich blos durch die Zusammenstösse. Wollen wir daher die Veränderung dieser Function während einer sehr kleinen Zeit τ erfahren, so müssen wir die Zusammenstösse während dieser Zeit der Betrachtung unterziehen. Betrachten wir einen Zusammenstoss, vor welchem die lebendige Kraft des einen der stossenden Moleküle

zwischen x und $x+dx$,

die des andern

zwischen x' und $x'+dx'$

liegt. Dadurch ist natürlich die Natur des Zusammenstosses noch keineswegs vollkommen bestimmt. Je nachdem derselbe ein centraler oder mehr oder weniger schiefer ist, kann vielmehr die lebendige Kraft des einen der stossenden Moleküle nach dem Zusammenstosse noch gar mannigfaltige Werthe haben. Setzen wir voraus, dieselbe liege nach dem Zusammenstosse

zwischen ξ und $\xi+d\xi$;

dann ist aber die lebendige Kraft des 2. Moleküls nach dem Zusammenstosse bestimmt. Bezeichnen wir letztere mit ξ', so ist nämlich nach dem Principe der Erhaltung der lebendigen Kraft

$$x+x'=\xi+\xi'; \qquad 1)$$

die Summe der lebendigen Kraft beider Moleküle vor dem Stosse ist gleich der Summe der lebendigen Kraft beider Moleküle nach demselben. Wir können uns die Grenzen, zwischen denen die unseren Zusammenstoss charakterisirenden Variabeln liegen, durch folgendes Schema darstellen:

	a	b	
vor dem Stosse . .	$x, x+dx$	$x', x'+dx'$	A)
nach „ „ . .	$\xi, \xi+d\xi$		

Unter der Rubrik a steht die lebendige Kraft des einen, unter der Rubrik b die der anderen der zusammenstossenden Moleküle. Es fragt sich jetzt, wie viele Zusammenstösse geschehen, während der Zeit τ in der Volumeinheit so, dass die lebendige Kraft der stossenden Moleküle zwischen den durch das Schema A) dargestellten Grenzen liegt. Die Anzahl dieser Zusammenstösse soll mit dn bezeichnet werden. Die Bestimmung dieser Zahl dn kann nur in recht weitläufiger Weise durch Betrachtung der relativen Geschwindigkeit beider Moleküle geschehen. Da diese Betrachtung ausser ihrer Weitläufigkeit nicht die mindeste Schwierigkeit, aber auch kein besonderes Interesse hat, und ihr Resultat so einfach ist, dass man fast sagen möchte, es verstehe sich von selbst, so will ich mich begnügen, hier dieses Resultat mitzutheilen. Dasselbe besteht in Folgendem: Diese Anzahl dn ist erstens proportional der Zeit τ; je länger diese Zeit τ ist, desto mehr Zusammenstösse der betrachteten Art erfolgen während derselben; natürlich nur so lange τ sehr klein ist, so dass sich der Zustand des Gases während τ nicht merklich ändert. Zweitens ist dn proportional der Grösse $f(x,t)dx$; dies ist ja die Zahl der Moleküle in der Volumeinheit, deren lebendige Kraft zwischen x und $x+dx$ liegt; je mehr solcher Moleküle sich in der Volumeinheit befinden, desto öfter stossen sie in der betrachteten Weise zusammen. Drittens ist dn proportional $f(x',t)dx'$; denn was von dem einen der zusammenstossenden Moleküle gilt, gilt natürlich auch vom andern. Das Product dieser drei Grössen muss noch multiplicirt werden mit einem gewissen Proportionalitätsfactor, von dem man leicht einsieht, dass er unendlich klein, wie $d\xi$ sein muss. Derselbe wird im Allgemeinen von der Natur des Zusammenstosses, also von den, den Zusammenstoss bestimmenden Grössen x, x' und ξ abhängen. Wir wollen, um alles dies auszudrücken, den Proportionalitätsfactor mit $d\xi.\psi(x,x',\xi)$ bezeichnen, so dass wir also haben:

$$dn = \tau . f(x,t)dx . f(x',t)dx' . d\xi\psi(x,x',\xi). \qquad 2)$$

Dies ist das Resultat, zu dem die exacte Betrachtung des Vorganges des Zusammenstosses führt, durch welche sich natürlich auch die Function ψ bestimmen lässt, sobald das Wirkungs-

gesetz der Moleküle gegeben ist; denn diese Function ψ hängt natürlich von dem Wirkungsgesetze ab. Da wir jedoch diese Function ψ nicht brauchen werden, so wäre ihre Bestimmung hier überflüssig. Wir wollen jetzt in dem durch die Gleichung 2) gegebenen Ausdrucke für dn die Grösse x constant lassen, nach x' und ξ aber über alle möglichen Werthe dieser Grössen integriren, d. h. bezüglich ξ von Null bis $x+x'$, bezüglich x' von Null bis ∞. Das Resultat dieser Integrationen bezeichne ich mit $\int dn$; so ist also:

$$\int dn = \tau f(x,t)dx \int_0^\infty \int_0^{x+x'} f(x' t)\,\psi(x,x',\xi)\,dx'd\xi.$$

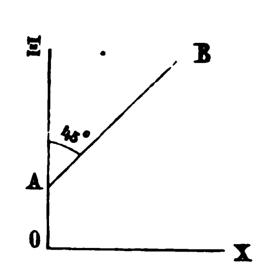
Da x für die beiden Integrationen als constant zu betrachten ist, so können wir $f(x,t)$ auch unter die beiden Integralzeichen schreiben, und erhalten:

$$\int dn = \tau dx \int_0^\infty \int_0^{x+x'} f(x,t) f(x' t)\,\psi(x,x',\xi)\,dx'd\xi.\,^{2} \qquad 3)$$

---

[2] Anstatt die Grenzen eines bestimmten Integrales wirklich hinzuschreiben, kann man dieselben noch in verschiedener Weise bestimmen, z. B. durch Ungleichungen. In dem bestimmten Integrale der Formel 3) ist x als Constante zu betrachten. Die beiden Integrationsvariabeln sind x' und ξ; dieselben können nur positive Werthe inclusive Null annehmen, denn es sind lebendige Kräfte; und zwar muss auch $x+x'-\xi \gtreqless 0$ sein; denn $x+x'-\xi$ ist die lebendige Kraft des 2. Moleküls nach dem Zusammenstosse; anderseits ist klar, dass alle positiven x' und ξ, für welche auch $x+x'-\xi$ positiv ausfällt, möglichen Zusammenstössen entsprechen; also innerhalb der Integrationsgrenzen liegen. Die 3 Ungleichungen

$$x' \gtreqless 0, \quad \xi \gtreqless 0, \quad x+x'-\xi \gtreqless 0 \qquad 3a)$$



definiren uns also ebenfalls die Integrationsgrenzen des Integrales der Formel 3) unzweideutig. Es empfiehlt sich diese Methode der Grenzbestimmung dadurch, dass sie die Rechnung oft bedeutend abkürzt. Eine dritte Methode der Grenzenbestimmung ist die geometrische. Man trägt die Integrationsvariabeln auf rechtwinkeligen Coordinatenaxen auf und bestimmt die Fläche, über welche zu integriren ist. Tragen wir in unserem Falle auf der Abscissenaxe OX' die Variable x',

Was ist nun diese Grösse $\int dn$? Wir haben x constant gelassen. Die lebendige Kraft eines Moleküls vor dem Stosse bleibt also zwischen den Grenzen x und $x+dx$ eingeschlossen. Bezüglich aller übrigen Variabeln aber haben wir über alle möglichen Werthe derselben integrirt. Alle übrigen Variabeln sind also keiner beschränkenden Bedingung mehr unterworfen. Es ist also $\int dn$ einfach die Zahl der Zusammenstösse, welche in der Volumeinheit während der Zeit τ so geschehen, dass vor denselben die lebendige Kraft eines Moleküls zwischen x und $x+dx$ liegt. Durch jeden dieser Zusammenstöss verliert ein Molekül diese lebendige Kraft, folglich wird durch jeden dieser Zusammenstösse die Zahl der Moleküle, deren lebendige Kraft zwischen x und $x+dx$ liegt, um eins vermindert[3]. Im Ganzen geschehen während der Zeit τ in der Volumeinheit $\int dn$ solcher Zusammenstösse. Im Ganzen wird also jene Zahl um $\int dn$ vermindert. Die Zahl der Moleküle in der Volumeinheit, deren lebendige Kraft zur Zeit t zwischen x und $x+dx$ lag, ist aber, wie wir wissen, $f(x,t)dx$; während der Zeit τ wird sie in Folge der eben betrachteten Zusammenstösse um $\int dn$ vermindert, wir müssen also $\int dn$ von $f(x,t)dx$ abziehen. Wir haben bis jetzt blos die Zusammenstösse berücksichtigt, durch welche ein Molekül eine lebendige Kraft, die zwischen

---

auf der Ordinatenaxe $O\Xi$ die Variable ξ auf, so erhalten wir die Fläche, über welche zu integriren ist, indem wir $OA=x$ machen, und die Gerade AB ins Unendliche und unter 45° gegen die Coordinatenaxen geneigt ziehen. Das unendliche Trapez $X'OAB$ ist dann die Fläche, über welche die Integration zu erstrecken ist. Die letztere Art, die Grenzen darzustellen, zeichnet sich namentlich durch ihre grosse Anschaulichkeit aus.

[3] Ausgenommen sind hievon jene Zusammenstösse, bei denen auch nach dem Stosse die lebendige Kraft eines oder gar beider Moleküle zwischen x und $x+dx$ liegt. Man sieht jedoch leicht, dass die Zahl dieser Zusammenstösse, sowie auch derjenigen, vor denen die lebendige Kraft beider Moleküle zwischen x und $x+dx$ liegt, durch welche also gleichzeitig zwei Moleküle diese lebendige Kraft verlieren, unendlich klein höherer Ordnung ist, also vernachlässigt werden darf. Die ersteren Zusammenstösse, welche wir jetzt unberechtigter Weise subtrahiren, sind übrigens zudem auch in $\int dn$ enthalten, und werden daher ohnedies später wieder hinzuaddirt.

x und $x+dx$ liegt, verliert, durch welche also $f(x,t)dx$ vermindert wird. Wir müssen jetzt noch jene betrachten, durch welche ein Molekül eine solche lebendige Kraft gewinnt, durch welche also $f(x,t)dx$ vermehrt wird. Bezeichnen wir die Zahl dieser letzteren Zusammenstösse mit $\int d\nu$, so muss also $\int d\nu$ zu $f(x,t)dx$ addirt werden; in der Summe

$$f(x,t)dx - \int dn + \int d\nu. \tag{4}$$

ist das erste Glied der Zahl der Moleküle in der Volumeinheit, deren lebendige Kraft zur Zeit t zwischen x und $x+dx$ lag; davon ist subtrahirt die Zahl der Moleküle, welche während der Zeit τ diese lebendige Kraft verlieren, addirt die Zahl der Moleküle, welche während der Zeit τ diese lebendige Kraft gewinnen. Das Resultat ist offenbar die Zahl der Moleküle, welche zur Zeit $t+\tau$ diese lebendige Kraft haben, also $f(x,t+\tau)dx$. Wir erhalten somit:

$$f(x,t+\tau)dx = f(x,t)dx - \int dn + \int d\nu. \tag{5}$$

Es muss noch $\int d\nu$ bestimmt werden. $\int d\nu$ ist die Zahl der Zusammenstösse in der Volumeinheit während der Zeit τ, nach denen die lebendige Kraft eines Moleküls zwischen x und $x+dx$ liegt. Wir müssen also jetzt für die lebendige Kraft vor dem Stosse eine andere Bezeichnung wählen. Sei also etwa $d\nu$ die Zahl der Zusammenstösse, welche in der Volumeinheit während der Zeit τ so geschehen, dass vor denselben die lebendige Kraft des einen Moleküls zwischen u und $u+du$, die des anderen zwischen v und $v+dv$ liegt, nach dem Stosse aber die des einen Moleküls zwischen x und $x+dx$ liegt. Die lebendige Kraft des anderen Moleküls nach dem Stosse ist natürlich hiedurch wieder bestimmt. $d\nu$ ist also die Zahl der Zusammenstösse, welche, entsprechend dem früher mit A) bezeichneten Schema, durch folgendes Schema charakterisirt sind:

	a	b	
vor dem Stosse . .	$u, u+du$	$v, v+dv$	B)
nach „ „ . .	$x, x+dx$		

Man sieht sogleich, dass sich die jetzt betrachteten Zusammenstösse von den früher betrachteten, durch das Schema A) dargestellten blos darin unterscheiden, dass jetzt die lebendigen Kräfte vor und nach dem Zusammenstosse durch andere Buchstaben ausgedrückt sind. Die Anzahl $d\nu$ der jetzt betrachteten Zusammenstösse kann also aus der Zahl dn der früher betrachteten durch blosse Buchstabenvertauschung gefunden werden. Und zwar muss, wie man leicht (am besten durch Vergleichung der beiden Schemata) sieht, jetzt

$$\text{ebenso}\quad \begin{matrix} u \text{ statt } x, & v \text{ statt } x', & x \text{ statt } \xi \\ du \text{ statt } dx, & dv \text{ statt } dx', & dx \text{ statt } d\xi \end{matrix} \qquad \text{C)}$$

gesetzt werden. Die Anzahl der früher betrachteten Zusammenstösse hiess dn und war durch die Gleichung 2) gegeben. Nehmen wir darin die Buchstabentauschung C) vor, so erhalten wir $d\nu$. Es ist also

$$d\nu = \tau \,.\, f(u,t)\,du\,f(v,t)\,dv\,dx \,.\, \psi(u,v,x).$$

Hier wollen wir wieder x constant lassen; bezüglich u und v aber über alle möglichen Werthe dieser Grössen integriren. Das Resultat

$$\tau\, dx \int\int f(u,t)\, f(v,t)\, \psi(u,v,x)\, du\, dv$$

ist die Zahl der Zusammenstösse in der Volumeinheit während der Zeit τ, nach denen die lebendige Kraft eines Moleküls zwischen x und $x+dx$ liegt (denn nach allen anderen Variabeln wurde über alle möglichen Werthe integrirt), also die Zahl der Zusammenstösse, durch welche ein Molekül eine lebendige Kraft gewinnt, die zwischen x und $x+dx$ liegt; genau jene Zahl, welche wir schon früher mit $\int d\nu$ bezeichneten [1]. Thun wir dies wieder, so erhalten wir also:

$$\int d\nu = \tau\, dx \int\int f(u,t)\, f(v,t)\, \psi(u,v,x)\, du\, dv. \qquad 6)$$

---

[1] Man könnte glauben, dass wir hier die Zusammenstösse vergessen haben, nach denen die lebendige Kraft des zweiten der stossenden

Es entsteht noch die Frage nach den Grenzen des Doppelintegrals [5]. Wenn $u > x$ ist, so kann v alle möglichen Werthe

Moleküle zwischen x und $x+dx$ liegt. Sei für einen solchen Stoss $u=u_1$, $v=v_1$. Da wir bezüglich u und v über alle möglichen Werthe integrirt haben, so haben wir auch den Stoss, für welchen $u=v_1$, $v=u_1$ ist, und nach dem Stosse die lebendige Kraft des ersten Moleküls zwischen x und $x+dx$ liegt, in das Integrale aufgenommen; dies ist aber genau der Fall, den wir eben vergessen zu haben fürchteten. Denn welches wir als das erste, welches als das zweite Molekül auffassen, ist gleichgiltig. Alle diese Zusammenstösse sind also in unserem Integrale schon mitberücksichtigt, nur tritt dabei u an die Stelle von v und umgekehrt. Wollte man noch ein zweites Integrale beifügen, das die Stösse enthält, nach denen die lebendige Kraft des zweiten Moleküls zwischen x und $x+dx$ liegt, so müsste dafür im Doppelintegrale jede Ambe aus Werthen von u und v ohne Permutation genommen, also nach v von Null (resp. $x-u$) bis u, nach u von Null bis ∞ integrirt werden. Nur jene Fälle, wo die lebendige Kraft beider Moleküle nach dem Stosse zwischen x und $x+dx$ liegt, haben wir nicht, wie es sein sollte, doppelt gezählt, was aber kein Fehler ist, da jene Zahl unendlich klein höherer Ordnung ist.

[5] Bestimmen wir die Grenzen nach der in der Anmerkung 2 angedeuteten Methode, so erhalten wir zur Grenzbestimmung die Ungleichungen

$$u \gtreqless 0,\quad v \gtreqless 0,\quad u+v-x \gtreqless 0.$$

Führen wir jetzt beliebige neue Variabeln p, q ein, so ist bekanntlich

$$dp\,dq = \Sigma \pm \frac{dp}{du} \cdot \frac{dq}{dv}\,du\,dv.$$

Im speciellen Falle, dass wir $p=u+v-x$, $q=u$ setzen, ist die Functionaldeterminante gleich eins (sie ist natürlich positiv zu nehmen); ferner wird in diesem Falle

$$v=p+x-q.$$

Es geht daher die Gleichung 6) über in

$$\int d\nu = \tau dx \iint f(q,t) \,.\, f(p+x-q,t) \,.\, \psi(q, p+x-q, x)\, dp\,dq.$$

Und die Ungleichungen, welche die Grenzen bestimmen, gehen in folgende über:

$$q \gtreqless 0,\quad p+x-q \gtreqless 0,\quad p \gtreqless 0.$$

Nun können wir im Integrale die Variabeln bezeichnen, wie wir wollen, wenn wir nur dieselbe Bezeichnungsveränderung auch in den Ungleichun-

von Null bis Unendlich durchlaufen; ist aber $u<x$, so kann v nicht kleiner als $x-u$ werden, weil sonst $u+v-x$, was ja die lebendige Kraft des zweiten Moleküls nach dem Stosse ist, negativ würde. Wenn also $u<x$ ist, so durchlauft v alle Werthe von $x-u$ bis Unendlich. Es muss also schon das Integrale nach u in zwei zerlegt werden. Eines von Null bis x, das andere von x bis Unendlich. Im ersten ist bezüglich v von $x-u$ bis Unendlich, im zweiten von Null bis Unendlich zu integriren. Die Formel 6) geht also nach richtiger Grenzenbestimmung über in folgende:

$$\int d\nu = \tau\, dx \int_0^x \int_{x-u}^\infty f(u,t) f(v,t)\, \psi(u,v,x)\, du\, dv$$
$$+ \tau\, dx \int_x^\infty \int_0^\infty f(u,t) f(v,t)\, \psi(u,v,x)\, du\, dv. \qquad 7)$$

Wir wollen jetzt statt v die neue Variable

$$w = u + v - x \qquad 8)$$

einführen, so dass also $v = x + w - u$ ist. Da bei der Integration nach v sowohl u als auch x als constant zu betrachten sind, so folgt aus der Formel 8) $dw = dv$. Es ist also nach richtiger Grenzbestimmung der Integration bezüglich w

---

gen vornehmen. Verwechseln wir die Buchstaben p, q mit x', ξ, so erhalten wir also

$$\int d\nu = \tau dx \iint f(\xi, t) f(x+x'-\xi, t)\, \psi(\xi, x+x'-\xi, x)\, dx'\, d\xi.$$

Und die Grenzen sind bestimmt durch

$$x' \gtreqless 0, \quad \xi \gtreqless 0, \quad x+x'-\xi \gtreqless 0;$$

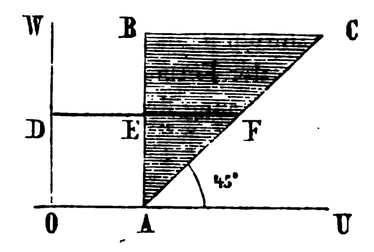
also wieder durch die Ungleichungen 3a), die auch die Grenzen in der Formel 3) bestimmten. Wenn wir also zum Schlusse den Integralzeichen die Grenzen wieder anhängen, so stimmt die letzte Formel mit der Formel 11) des Textes, welche wir also hier auf einem kürzeren Wege gewonnen haben.

$$\int d\nu = \tau\, dx \int_0^x \int_0^\infty f(u,t) f(x+w-u,t)\, \psi(u, x+w-u, x) du\, dw$$
$$+ \tau\, dx \int_x^\infty \int_{u-x}^\infty f(u,t) f(x+w-u,t)\, \psi(u, x+w-x, x) du\, dw. \qquad 9)$$

Da diese Integrale eine einfache Summirung einer Anzahl von Stössen darstellen, so können wir die Integrationsordnung ohne weiteres umkehren. Dadurch geht das erste Doppelintegrale der Formel 9) über in folgendes:

$$\int_0^\infty \int_0^x f(u,t) f(x+w-u,t)\, \psi(u, x+w-u, x) dw\, du. \qquad 10)$$

Bei dem zweiten ist die Bestimmung der neuen Integrationsgrenzen nicht ganz so einfach. Wir wollen dieselben durch geometrische Betrachtungen gewinnen. Wir tragen auf der Abscissenaxe OU die Werthe von u, auf der Ordinatenaxe OW die von w auf. x ist bei der Integration constant. Machen wir $OA = x$ und ziehen durch A die beiden unbegrenzten Geraden AB parallel OW, und AC unter 45° gegen die Coordinatenaxen geneigt. In dem zweiten Doppelintegrale der Formel 9) war nach u von x bis Unendlich, also vom Punkte A an bis ins Unendliche bezüglich w von $u-x$ bis ∞, also von der Geraden AC angefangen bis ins Unendliche zu integriren. Die gesammte Integration war also über das unbegrenzte Dreieck zu erstrecken, welches in der Figur schraffirt ist. Und nun ist es leicht, die Grenzen zu bestimmen, wenn zuerst nach u, dann nach w integrirt wird. Für ein gegebenes w, also z. B. $w = OD$ ist bezüglich u von DE bis DF, also von x bis $x+w$ zu integriren. Bezüglich w geht dann die Integration von Null bis Unendlich. Das zweite Doppelintegral der Formel 9) verwandelt sich also in



$$\int_0^\infty \int_x^{x+w} f(u,t) f(x+w-u,t) \psi(u,x+w-u,x) dw\, du.$$

Es vereinigt sich, wie man sieht, mit dem ersten in Formel 10) gegebenen, zu einem einzigen Doppelintegrale. (Das erste stellt nebenbei bemerkt die Integration über das unbegrenzte Rechteck *WOAB* unserer Figur dar.) Die Wiedervereinigung beider Doppelintegrale liefert:

$$\int d\nu = \tau\, dx \int_0^\infty \int_0^{x+w} f(u,t) f(x+w-u,t) \psi(u,x+w-u,x) dw\, du.$$

Um diesen Ausdruck gleichförmiger mit dem durch Formel 3) gegebenen Ausdrucke für $\int dn$ zu machen, will ich statt w den Buchstaben x', statt u den Buchstaben ξ schreiben. Bekanntlich kann man ja in einem bestimmten Integrale die Variabeln, nach denen zu integriren ist, bezeichnen, wie man will, wenn nur die Grenzen dieselben bleiben. Dadurch ergibt sich

$$\int d\nu = \tau\, dx \int_0^\infty \int_0^{x+x'} f(\xi,t) f(x+x'-\xi,t) \psi(\xi,x+x'-\xi,x) dx' d\xi. \quad 11)$$

Bevor wir die beiden für $\int dn$ und $\int d\nu$ gefundenen Werthe in die Gleichung 5) substituiren, wollen wir jene Gleichung noch etwas transformiren. Entwickeln wir ihre linke Seite nach dem Taylor'schen Lehrsatze, so ergibt sich

$$f(x,t)dx + \frac{\partial f(x,t)}{\partial t} \tau\, dx + A\tau^2 dx = f(x,t)dx - \int dn + \int d\nu\,,$$

wobei A irgend eine endliche Grösse ist, und daraus

$$\frac{\partial f(x,t)}{\partial t} = \frac{\int d\nu}{\tau\, dx} - \frac{\int dn}{\tau\, dx} - A\tau,$$

also nach Substitution der Werthe 3) und 11) für $\int dn$ und $\int d\nu$

$$\frac{\partial f(x,t)}{\partial t} = \int_0^\infty \int_0^{x+x'} f(\xi,t) f(x+x'-\xi,t) \psi(\xi, x+x'-\xi, x) dx' d\xi -$$

$$- \int_0^\infty \int_0^{x+x'} f(x,t) f(x',t) \psi(x,x',\xi) \, dx' d\xi - A\tau.$$

Da alles bis auf $A\tau$ endlich ist, kann dasselbe vernachlässigt werden. Ferner können die beiden Integrale in eins zusammengefasst werden, da ja Integrationsvariabeln und Grenzen in beiden dieselben sind. Dadurch ergibt sich:

$$\frac{\partial f(x,t)}{\partial t} = \int_0^\infty \int_0^{x+x'} [f(\xi,t) f(x+x'-\xi,t) \psi(\xi, x+x'-\xi, x) - f(x,t) f(x',t) \psi(x,x',\xi)] \, dx' d\xi. \quad 12)$$

Dies ist die gesuchte partielle Differentialgleichung, welche das Gesetz der Veränderung der Function f bestimmt. Sie bedarf jedoch noch einer Transformation, zu welcher wir die beiden durch folgende für beliebige x, x' und ξ giltige Gleichungen ausgedrückten Eigenschaften der Function ψ brauchen werden:

$$\psi(x,x',\xi) = \psi(x', x, x+x'-\xi) \quad 13)$$

$$\sqrt{xx'}\psi(x,x',\xi) = \sqrt{\xi(x+x'-\xi)}\, \psi(\xi, x+x'-\xi, x), \quad 14)$$

wobei selbstverständlich alle Wurzeln mit dem positiven Zeichen zu nehmen sind; die ψ sind auch wesentlich positive Grössen. Die erste dieser beiden Gleichungen lässt sich leicht beweisen. Sei dn' die Zahl der Zusammenstösse, welche in der Volumeinheit während der schon früher mit τ bezeichneten sehr kleinen Zeit so geschehen, dass vor denselben die lebendige Kraft des ersten Moleküls zwischen x' und $x'+dx'$, die des zweiten zwischen x und $x+dx$, und nach demselben die des ersten Moleküls zwischen $x+x'-\xi-d\xi$ und $x+x'-\xi$ liegt, also der Stösse, welche durch das Schema

	a	b	
vor dem Stosse. .	$x', x'+dx'$	$x, x+dx$	D)
nach „ „ . .	$x+x'-\xi-d\xi, x+x'-\xi$		

charakterisirt sind. Dann kann dn' wieder durch blosse Buchstabenvertauschung aus der früher mit dn bezeichneten Grösse gefunden werden. Und zwar zeigt die Vergleichung der Schemata D) und A), dass man

$$x' \text{ statt } x, \quad x \text{ statt } x', \quad x+x'-\xi-d\xi \text{ statt } \xi,$$

$$dx' \text{ statt } dx, \quad dx \text{ statt } dx'$$

schreiben muss. $d\xi$ bleibt. Nimmt man diese Vertauschungen in der Gleichung 2) vor, so ergibt sich:

$$dn' = \tau f(x', t) dx' \,.\, f(x, t) dx \,.\, d\xi \,\psi(x', x, x+x'-\xi-d\xi). \qquad 15)$$

Wenn aber die lebendige Kraft des einen Moleküls nach dem Stosse zwischen $x+x'-\xi-d\xi$ und $x+x'-\xi$ liegt, so liegt die des anderen genau zwischen ξ und $\xi+d\xi$. Statt des Schema's D) könnten wir unsere Zusammenstösse also auch durch folgendes

	a	b
vor dem Stosse . .	$x', x'+dx'$	$x, x+dx$
nach „ „ . .		$\xi, \xi+d\xi$

charakterisiren. Und jetzt sieht man, dass es ganz dieselben Zusammenstösse, wie die durch das Schema A) charakterisirten sind. Denn, welches Molekül ich als das erste, welches als das zweite bezeichne (welches in die Rubrik a, welches in die Rubrik b eintrage), ist offenbar gleichgiltig. Da jene beiden Gattungen von Zusammenstössen gar nicht verschieden sind, so muss also auch ihre Anzahl gleich, folglich $dn = dn'$ sein. Setzen wir die beiden Werthe 2) und 15) wirklich gleich und streichen die beiden gemeinsamen Factoren, so ergibt sich

$$\psi(x, x', \xi) = \psi(x', x, x+x'-\xi-d\xi).$$

Hier kann das Differential $d\xi$ neben dem Endlichen weggelassen werden, da ja ψ unmöglich discontinuirlich sein kann, und wir erhalten somit die Gleichung 13). Schwieriger ist der Beweis der Gleichung 14). Der Beweis dieser Gleichung wurde

zuerst, freilich in etwas anderer Form, von **Maxwell** geliefert; dieselbe wurde dann von mir bedeutend verallgemeinert, wobei sie sich als specieller Fall des **Jacobi**'schen Princips des letzten Multiplicators erwies; ich glaube, mich daher mit dem Beweise dieser Gleichung hier nicht aufhalten zu sollen, dieselbe vielmehr als etwas bekanntes voraussetzen zu können. Ich bemerke nur noch, dass bei ihrem Beweise vorausgesetzt wird, dass die zwischen zwei materiellen Punkten wirksame Kraft Function ihrer Entfernung ist, nach der Richtung ihrer Verbindungslinie wirkt, und Wirkung und Gegenwirkung gleich sind. Diese Voraussetzungen sind also zur Giltigkeit der folgenden Rechnungen nothwendig. Mit Rücksicht auf die Gleichung 14) kann aus der eckigen Klammer der Gleichung 12) auch ψ als gemeinsamer Factor herausgehoben werden, und es ergibt sich:

$$\frac{\partial f(x,t)}{\partial t} = \int_0^\infty \int_0^{x+x'} \left[\frac{f(\xi,t)}{\sqrt{\xi}} \frac{f(x+x'-\xi,t)}{\sqrt{x+x'-\xi}} - \frac{f(x,t)}{\sqrt{x}} \frac{f(x',t)}{\sqrt{x'}}\right] \times \qquad 16)$$

$$\times \sqrt{xx'}\, \psi(x,x',\xi)\, dx'\, d\xi.$$

Dies ist die Fundamentalgleichung für die Veränderung der Function $f(x,t)$. Ich bemerke nochmal, dass die Wurzeln alle positiv zu nehmen sind, sowie auch ψ und die f wesentlich positive Grössen sind. Setzen wir für einen Augenblick

$$f(x,t) = C\sqrt{x}e^{-hx}, \qquad 16\text{a})$$

wobei C und h Constanten sind, so dass also

$$f(x',t) = C\sqrt{x'}e^{-hx'},\quad f(\xi,t) = C\sqrt{\xi}e^{-h\xi},$$

$$f(x+x'-\xi,t) = C\sqrt{x+x-\xi}\, e^{-h(x+x-\xi)}$$

wird, so verschwindet der Ausdruck in der eckigen Klammer der Gleichung 16); es wird also $\frac{\partial f(x,t)}{\partial t} = 0$. Dies ist nichts anderes, als der Beweis **Maxwell**'s übertragen in unsere

gegenwärtige Bezeichnungsweise. Ist die Zustandsvertheilung zu irgend einer Zeit durch die Formel 16a) bestimmt, so ist $\frac{\partial f(x,t)}{\partial t}=0$, d. h. dieselbe verändert sich im Verlaufe der Zeit nicht weiter. Dies und nichts anderes ist von **Maxwell** bewiesen worden. Wir wollen aber jetzt das Problem viel allgemeiner auffassen. Wir wollen annehmen, die Vertheilung der lebendigen Kraft sei zu Anfang der Zeit eine ganz beliebige gewesen, und wollen uns fragen, wie verändert sich dieselbe im Verlaufe der Zeit. Ihre Veränderung ist bestimmt durch die partielle Differentialgleichung 16). Es kann diese partielle Differentialgleichung, wie wir später sehen werden, in ein System gewöhnlicher Differentialgleichung verwandelt werden, wenn man an die Stelle des Doppelintegrals eine Summe sehr vieler Glieder setzt. Es ist ja ein solches Doppelintegrale bekanntlich nichts anderes, als eine abgekürzte Bezeichnung für eine Summe unendlich vieler Glieder. An dem Systeme gewöhnlicher Differentialgleichungen werden dann alle Rechnungsoperationen viel anschaulicher. Ich will jedoch absichtlich diese Vertauschung der Summation mit einer Integration vorerst nicht vornehmen, damit es nicht scheine, als sei dieselbe zum Beweise unserer Sätze nothwendig. Dieser Beweis kann geführt werden ganz ohne dass man die Symbolik der Integralrechnung verlässt. Nur zur Veranschaulichung derselben werden wir zum Schlusse die Summenformeln benützen. Wir wollen zunächst den Beweis eines Satzes liefern, welcher die Grundlage unserer ganzen gegenwärtigen Untersuchung bildet, des Satzes nämlich, dass die Grösse

$$E=\int_0^\infty f(x,t)\left\{\log\left[\frac{f(x,t)}{\sqrt{x}}\right]-1\right\}dx \qquad 17)$$

niemals zunehmen kann, wenn die in dem bestimmten Integrale vorkommende Function $f(x, t)$ der partiellen Differentialgleichung 16) genügt. Auf der rechten Seite der Formel 17) ist bezüglich x von Null bis Unendlich zu integriren. Es fällt also x aus der Grösse E ganz heraus. E ist nur eine Function von t. Da t in den Grenzen des Integrals nicht vorkommt, so erhalten

wir den Differentialquotienten $\frac{dE}{dt}$, indem wir die Grösse unter dem Integralzeichen partiell nach t differentiiren, x dabei constant lassend. Diese Differentiation, welche ungemein leicht auszuführen ist, liefert

$$\frac{dE}{dt}=\int_0^\infty \log\left[\frac{f(x,t)}{\sqrt{x}}\right]\frac{\partial f(x,t)}{\partial t}.dx.$$

Wir nehmen an, dass $f(x,t)$ die Gleichung 16) befriedigt. Substituiren wir aus dieser Gleichung den Werth für $\frac{\partial f(x,t)}{\partial t}$, so ergibt sich

$$\frac{dE}{dt}=\int_0^\infty \log\left[\frac{f(x,t)}{\sqrt{x}}\right]dx\int_0^\infty\int_0^{x+x'}\left[\frac{f(\xi,t)}{\sqrt{\xi}}\frac{f(x+x'-\xi,t)}{\sqrt{x+x'-\xi}}-\frac{f(x,t)}{\sqrt{x}}\frac{f(x',t)}{\sqrt{x'}}\right]\times$$
$$\times\sqrt{xx'}\,\psi(x,x',\xi)dx'd\xi.$$

Da bei der Integration nach x' und ξ die Grösse x als constant zu betrachten ist, so können wir den Logarithmus auch unter die beiden folgenden Integralzeichen setzen und schreiben

$$\frac{dE}{dt}=\int_0^\infty\int_0^\infty\int_0^{x+x'}\log\frac{f(x,t)}{\sqrt{x}}.\left[\frac{f(\xi,t)}{\sqrt{\xi}}\frac{f(x+x'-\xi,t)}{\sqrt{x+x'-\xi}}-\frac{f(x,t)}{\sqrt{x}}\frac{f(x',t)}{\sqrt{x'}}\right]\times \qquad 18)$$
$$\times\sqrt{xx'}\,\psi(x,x',\xi)dx\,dx'd\xi.$$

Die wahre Bedeutung der Transformationen, welche wir jetzt mit diesem Ausdrucke vornehmen werden, wird freilich erst in ein helles Licht treten, wenn wir die Integrale durch Summenformeln ersetzen werden. Es wird sich da zeigen, dass alle folgenden Transformationen des Integrals wie natürlich nichts anderes als Veränderungen der Summationsordnung sind; es wird dann auch klar werden, warum gerade diese Änderungen der Summationsordnung nothwendig sind. Jetzt aber will ich hierauf nicht näher eingehen, sondern so rasch als möglich zum Beweise des Satzes zu gelangen suchen, dass in der

That E nicht zunehmen kann. Wir können in der Formel 18) zuerst nach x' und dann nach x integriren[6]; dadurch erhalten wir:

$$\frac{dE}{dt}=\int_0^\infty\int_0^\infty\int_0^{x+x'}\log\frac{f(x,t)}{\sqrt{x}}\left[\frac{f(\xi,t)}{\sqrt{\xi}}\frac{f(x+x'-\xi,t)}{\sqrt{x+x'-\xi}}-\frac{f(x,t)}{\sqrt{x}}\frac{f(x',t)}{\sqrt{x'}}\right]\times$$

$$\times\sqrt{xx'}\,\psi(x,x',\xi)dx'dx\,d\xi,$$

oder wenn wir für $\psi(x,x',\xi)$ seinen Werth aus der Gleichung 13) substituiren,

$$\frac{dE}{dt}=\int_0^\infty\int_0^\infty\int_0^{x+x'}\log\frac{f(x,t)}{\sqrt{x}}\left[\frac{f(\xi,t)}{\sqrt{\xi}}\frac{(f(x+x'-\xi,t)}{\sqrt{x+x'-\xi}}-\frac{f(x,t)}{\sqrt{x}}\frac{f(x',t)}{\sqrt{x'}}\right]\times$$

$$\times\sqrt{xx'}\,\psi(x',x,x+x'-\xi))\,dx'dx\,d\xi.$$

Wir lassen jetzt die Variabeln x' und x unverändert; aber statt ξ führen wir die neue Variable $\xi'=x+x'-\xi$ ein, so dass also $\xi=x+x'-\xi'$, $d\xi=-d\xi'$ wird. Dann ergibt sich

---

[6] Dass die Vertauschung der Integrationsordnung unbedingt gestattet ist, folgt schon daraus, dass wir die Gleichungen 20), 22) und 23) genau in derselben Weise wie die Gleichung 18) direct hätten ableiten können; wir schlugen den Weg der Transformation blos ein, um die Schlüsse, durch welche wir die Gleichung 18) erhielten, nicht viermal wiederholen zu müssen. Auch dadurch, dass die früher angewandte Differentiation unter dem Integralzeichen unerlaubt wird, indem der Integrant discontinuirlich wird, erleidet der im Texte geführte Beweis keine Störung, wie man nachweisen kann, indem man aus dem gesammten Raume, über den in den Formeln 18), 20), 22) und 23) die Integrationen zu erstrecken sind, gleichzeitig um alle Stellen, für welche eine der Grössen s, s', σ oder σ' Null oder unendlich wird, sehr dünne flächenartig ausgedehnte Streifen ausschliesst. Von der Gesammtheit der auf diese Art aus $4\frac{dE}{dt}$ ausgeschlossenen Glieder lässt sich dann mittelst der ergänzten Taylor'schen Reihe beweisen, dass ihre Summe nicht positiv sein kann, wenn keine dieser Grössen unendlich nahe unendlich viele Discontinuitätsstellen hat.

$$\frac{dE}{dt} = -\int_0^\infty\int_0^\infty\int_{x+x'}^0 \log\frac{f(x,t)}{\sqrt{x}}\left[\frac{f(x+x'-\xi',t)}{\sqrt{x+x'-\xi'}}\frac{f(\xi',t)}{\sqrt{\xi'}} - \frac{f(x,t)}{\sqrt{x}}\frac{f(x',t)}{\sqrt{x'}}\right]\times$$

$$\times\sqrt{xx'}\,\psi(x',x,\xi')dx'dx\,d\xi',$$

oder, wenn man Zeichen und Grenzen des ersten Integrals umkehrt:

$$\frac{dE}{dt} = \int_0^\infty\int_0^\infty\int_0^{x+x'} \log\frac{f(x,t)}{\sqrt{x}}\left[\frac{f(\xi',t)}{\sqrt{\xi'}}\frac{f(x+x'-\xi',t)}{\sqrt{x+x'-\xi'}} - \frac{f(x,t)}{\sqrt{x}}\frac{f(x',t)}{\sqrt{x'}}\right]\times \tag{19}$$

$$\times\sqrt{xx'}\,\psi(x',x,\xi')dx'dx\,d\xi'.$$

Dieses dreifache Integrale ist jetzt ganz so gebaut, wie das der Formel 18); nur sind die Variabeln, nach denen integrirt werden soll, anders bezeichnet. Allein das ist nur ein scheinbarer Unterschied. Die Integrationsvariabeln eines bestimmten Integrals kann man ja bezeichnen wie man will, so lange nur die Grenzen dieselben bleiben. Wir können daher auch in der Formel 19) statt ξ' wieder ξ schreiben, und auch die Buchstaben x und x' mit einander vertauschen. Dadurch ergibt sich

$$\frac{dE}{dt} = \int_0^\infty\int_0^\infty\int_0^{x+x'} \log\frac{f(x',t)}{\sqrt{x'}}\left[\frac{f(\xi,t)}{\sqrt{\xi}}\frac{f(x+x'-\xi,t)}{\sqrt{x+x'-\xi}} - \frac{f(x,t)}{\sqrt{x}}\frac{f(x',t)}{\sqrt{x'}}\right]\times \tag{20}$$

$$\times\sqrt{xx'}\,\psi(x,x',\xi)dx\,dx'd\xi.$$

Über die Identität der beiden Integrale 19) und 20) kann kein Zweifel bestehen, da sie sich blos durch die Buchstaben unterscheiden, mit denen die Integrationsvariabeln bezeichnet sind. Einen dritten Ausdruck für $\frac{dE}{dt}$ erhalten wir in folgender Weise. Wir substituiren in Formel 18) statt $\sqrt{xx'}\,\psi(x,x',\xi)$ seinen Werth aus der Gleichung 14). Dadurch erhalten wir zunächst:

$$\frac{dE}{dt} = \int_0^\infty\int_0^\infty\int_0^{x+x'} \log\frac{f(x,t)}{\sqrt{x}}\left[\frac{f(\xi,t)}{\sqrt{\xi}}\frac{f(x+x'-\xi,t)}{\sqrt{x+x'-\xi}} - \frac{f(x,t)}{\sqrt{x}}\frac{f(x',t)}{\sqrt{x'}}\right]\times$$

$$\times\sqrt{\xi(x+x'-\xi)}\,\psi(\xi,x+x'-\xi,x)dx\,dx'd\xi.$$

Wir wollen jetzt für x' eine neue Variable einführen. Da müssen wir uns die Integration nach x' zuerst, also vor der nach ξ ausgeführten denken. Wir brauchen da blos das Doppelintegrale

$$\int_0^\infty\int_0^{x+x'}\log\frac{f(x,t)}{\sqrt{x}}\left[\frac{f(\xi,t)}{\sqrt{\xi}}\frac{f(x+x'-\xi,t)}{\sqrt{x+x'-\xi}}-\frac{f(x,t)}{\sqrt{x}}\frac{f(x',t)}{\sqrt{x'}}\right]\times$$
$$\times\sqrt{\xi(x+x'-\xi)}\,\psi(\xi,x+x'-\xi,x)\,dx'd\xi$$

zu transformiren. Dasselbe braucht dann nur noch mit dx multiplicirt und nach x von Null bis Unendlich integrirt zu werden, um $\frac{dE}{dt}$ zu erhalten. In einem solchen Doppelintegrale haben wir bereits früher die Integrationsordnung umgekehrt. Durch ganz dieselben Betrachtungen, wie damals, ergibt sich, dass es in eine Summe zweier Integrale zerfällt, nämlich:

$$\int_0^x\int_0^\infty\log\frac{f(x,t)}{\sqrt{x}}\left[\frac{f(\xi,t)}{\sqrt{\xi}}\frac{f(x+x'-\xi,t)}{\sqrt{x+x'-\xi}}-\frac{f(x,t)}{\sqrt{x}}\frac{f(x',t)}{\sqrt{x'}}\right]\times$$
$$\times\sqrt{\xi(x+x'-\xi)}\psi(\xi,x+x'-\xi,x)d\xi\,dx'+$$
$$+\int_x^\infty\int_{\xi-x}^\infty\log\frac{f(x,t)}{\sqrt{x}}\left[\frac{f(\xi,t)}{\sqrt{\xi}}\frac{f(x+x'-\xi,t)}{\sqrt{x+x'-\xi}}-\frac{f(x,t)}{\sqrt{x}}\frac{f(x',t)}{\sqrt{x'}}\right]\times$$
$$\times\sqrt{\xi(x+x'-\xi)}\psi(\xi,x+x'-\xi,x)d\xi\,dx'.$$

Führen wir jetzt in diese beiden Integrale für x' die Variable $\xi'=x+x'-\xi$ ein, so erhalten wir nach richtiger Grenzenbestimmung:

$$\int_0^x\int_{x-\xi}^\infty\log\frac{f(x,t)}{\sqrt{x}}\left[\frac{f(\xi,t)}{\sqrt{\xi}}\frac{f(\xi',t)}{\sqrt{\xi'}}-\frac{f(x,t)}{\sqrt{x}}\frac{f(\xi+\xi'-x,t)}{\sqrt{\xi+\xi'-x}}\right]\times$$
$$\times\sqrt{\xi\xi'}\psi(\xi,\xi',x)d\xi\,d\xi'+$$
$$+\int_x^\infty\int_0^\infty\log\frac{f(x,t)}{\sqrt{x}}\left[\frac{f(\xi,t)}{\sqrt{\xi}}\frac{f(\xi',t)}{\sqrt{\xi'}}-\frac{f(x,t)}{\sqrt{x}}\frac{f(\xi+\xi'-x,t)}{\sqrt{\xi+\xi'-x}}\right]\times$$
$$\times\sqrt{\xi\xi'}\psi(\xi,\xi',x)d\xi\,d\xi'.$$

Diese beiden bestimmten Integrale sind noch bezüglich x von Null bis Unendlich zu integriren, so dass man also erhält:

$$\frac{dE}{dt}=\int_0^\infty\int_0^x\int_{x-\xi}^\infty \log\frac{f(x,t)}{\sqrt{x}}\left[\frac{f(\xi,t)}{\sqrt{\xi}}\frac{f(\xi',t)}{\sqrt{\xi'}}-\frac{f(x,t)}{\sqrt{x}}\frac{f(\xi+\xi'-x,t)}{\sqrt{\xi+\xi'-x}}\right]\times$$

$$\times\sqrt{\xi\xi'}\,\psi(\xi,\xi',x)\,dx\,d\xi\,d\xi'+ \qquad 21)$$

$$+\int_0^\infty\int_x^\infty\int_0^\infty \log\frac{f(x,t)}{\sqrt{x}}\left[\frac{f(\xi,t)}{\sqrt{\xi}}\frac{f(\xi',t)}{\sqrt{\xi'}}-\frac{f(x,t)}{\sqrt{x}}\frac{f(\xi+\xi'-x,t)}{\sqrt{\xi+\xi'-x}}\right]\times$$

$$\times\sqrt{\xi\xi'}\,\psi(\xi,\xi',x)\,dx\,d\xi\,d\xi'.$$

Hier müssen wir jetzt die Integrationsordnung so verändern, dass zuerst nach x, dann nach ξ', zuletzt nach ξ integrirt wird [7]. Da ist es behufs der Grenzenbestimmung wohl am

---

[7] Alle im Text geführten etwas weitläufigen Grenzenbestimmungen vereinfachen sich ausserordentlich, wenn man die Grenzen nach der bereits in der Anmerkung 2 gegebenen Weise definirt. Dann sieht die Formel 18) so aus:

$$\frac{dE}{dt}=\iiint\log\frac{f(x,t)}{\sqrt{x}}\left[\frac{f(\xi,t)}{\sqrt{\xi}}\frac{f(x+x'-\xi,t)}{\sqrt{x+x'-\xi}}-\frac{f(x,t)}{\sqrt{x}}\frac{f(x',t)}{\sqrt{x'}}\right]\times \qquad 18a)$$

$$\times\sqrt{xx'}\,\psi(x,x',\xi)\,dx\,dx'\,d\xi.$$

Zu integriren ist über alle Werthe, welche folgenden Ungleichungen genügen:

$$x\gtrless 0,\quad x'\gtrless 0,\quad \xi\gtrless 0,\quad x+x'-\xi\gtrless 0 \qquad 18b)$$

Die beiden Formeln 18a) und 18b) besagen jetzt ganz dasselbe, wie früher das eine bestimmte Integrale 18), und ich bemerke noch, dass jetzt die Integrationsordnung ganz willkürlich ist, ja es ist nicht einmal nothwendig, dass überhaupt zuerst nach der einen, dann der anderen Variabeln integrirt wird, wenn nur über alle Werthe integrirt wird, die den Ungleichungen 18b) genügen. Führen wir nun irgend welche neuen Variabeln u, v, w ein, so ist bekanntlich

$$du\,dv\,dw=\Sigma\pm\frac{du}{dx}\cdot\frac{dv}{dy}\cdot\frac{dw}{dz}\cdot dx\,dy\,dz.$$

besten, sich den Integrationsraum geometrisch zu versinnlichen. Da das Integrale ein dreifaches ist, so müssen wir hiezu den

---

Wollen wir nun die Formel 20) des Textes erhalten, so brauchen wir nur zu setzen

$$u=x',\ v=x,\ w=x+x'-\xi.$$

Dann wird die Functionaldeterminante gleich eins, und es ist klar, dass sie mit positiven Zeichen zu nehmen ist, wenn wir immer von den kleineren zu den grösseren Werthen der Variabeln integriren, also die Differentiale positiv betrachten. Es ist also

$$du\,dv\,dw=dx\,dx'\,d\xi$$

und die Gleichung 18 a) geht über in

$$\frac{dE}{dt}=\iiint\log\frac{f(v,t)}{\sqrt{v}}\cdot\left[\frac{f(u+v-w,t)}{\sqrt{u+v-w}}\frac{f(w,t)}{\sqrt{w}}-\frac{f(v,t)}{\sqrt{v}}\frac{f(u,t)}{\sqrt{u}}\right]\times$$
$$\times\sqrt{uv}\,\psi(v,u,u+v-w)\,du\,dv\,dw.$$

Die Ungleichungen 18 b) aber, welche die Grenzen bestimmen, verwandeln sich in

$$v\gtreqless 0,\ u\gtreqless 0,\ u+v-w\gtreqless 0,\ w\gtreqless 0.$$

Nun können wir wieder die Buchstaben u, v, w mit x, x' und ξ vertauschen (an der Bezeichnung der Integrationsvariabeln liegt ja nichts), und erhalten für das Integrale

$$\frac{dE}{dt}=\iiint\log\frac{f(x',t)}{\sqrt{x'}}\cdot\left[\frac{f(x+x'-\xi,t)}{\sqrt{x+x'-\xi}}\frac{f(\xi,t)}{\sqrt{\xi}}-\frac{f(x,t)}{\sqrt{x'}}\frac{f(x',t)}{\sqrt{x}}\right]\times$$
$$\times\sqrt{xx'}\,\psi(x',x,x+x'-\xi)\,dx\,dx'\,d\xi$$

und für die Ungleichungen, die die Grenzen bestimmen

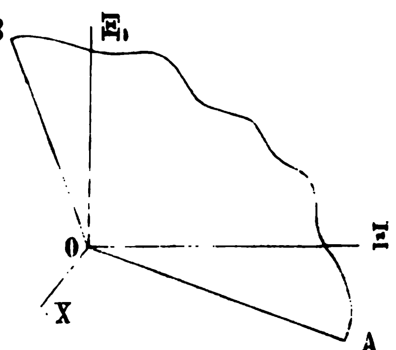
$$x\gtreqless 0,\ x'\gtreqless 0,\ \xi\gtreqless 0,\ x+x'-\xi\gtreqless 0. \qquad 20\text{b)}$$

Ersetzen wir jetzt schliesslich $\psi(x',x,x+x'-\xi)$ nach Gleichung 13) durch $\psi(x,x',\xi)$, so erhalten wir

$$\frac{dE}{dt}=\iiint\log\frac{f(x',t)}{\sqrt{x'}}\cdot\left[\frac{f(\xi,t)}{\sqrt{\xi}}\frac{f(x+x'-\xi,t)}{\sqrt{x+x'-\xi}}-\frac{f(x,t)}{\sqrt{x}}\frac{f(x',t)}{\sqrt{x'}}\right]\times \qquad 20\text{a)}$$
$$\times\sqrt{xx'}\,\psi(x,x',\xi)\,dx\,dx'\,d\xi.$$

Die Ungleichungen 20 b) sind identisch mit den Ungleichungen 18 a). Vereinigen wir daher die beiden Formeln 20 a) und 20 b) in eine ein-

Raum zu Hilfe nehmen. Ziehen wir uns drei rechtwinklige Coordinatenaxen OX, $O\Xi$, $O\Xi'$ im Raume, und tragen auf denselben die Werthe von x, ξ, ξ' auf. Ferner ziehen wir in der Ebene $XO\Xi$ die Gerade OA, welche mit OX und $O\Xi$ Winkel von 45° macht und ebenso in der Ebene $\Xi O\Xi'$ die Gerade OB. Betrachten wir jetzt das erste in der Formel 21) erscheinende dreifache Integrale. In demselben ist bezüglich ξ' von $x-\xi$ bis ∞, also von einem Punkte der Ebene AOB bis ins Unendliche hinauf zu integriren; bezüglich ξ ist von Null bis x, also von Null bis zu einem Punkte der



---

zige, indem wir uns wieder zuerst nach ξ, dann nach x', zuletzt nach x integrirt denken und die Integrationsgrenzen jedesmal den Integralzeichen beisetzen, so erhalten wir die gewünschte Formel 20) des Textes.

Wollen wir die Formel 22) des Textes gewinnen, so setzen wir

$$u=\xi,\quad v=x+x'-\xi,\quad w=x.$$

Die Determinante ist wieder eins, daher

$$du\,dv\,dw=dx\,dx'\,d\xi.$$

Ferner ist

$$x'=u+v-w.$$

Die Gleichung 18 a) lautet also nach Einführung dieser Variabeln

$$\frac{dE}{dt}=\iiint\log\frac{f(w,t)}{\sqrt{w}}\cdot\left[\frac{f(u,t)}{\sqrt{u}}\cdot\frac{f(v,t)}{\sqrt{v}}-\frac{f(w,t)}{\sqrt{w}}\frac{f(u+v-w,t)}{\sqrt{u+v-w}}\right]\times$$

$$\times\sqrt{w(u+v-w)}\,\psi(w,u+v-w,u)\,du\,dv\,dw$$

und die Ungleichungen 18 b) lauten

$$w\gtrless 0,\quad u+v-w\gtrless 0,\quad u\gtrless 0,\quad v\gtrless 0.$$

Vertauschen wir jetzt, ganz wie früher die Buchstaben u, v, w mit x, x', ξ, so erhalten wir:

Geraden OA zu integriren. Der Integrationsraum des ersten Integrals ist also der ganze Theil des Raumes, welcher vertical über AOB steht (wofern man sich die Axe $O\Xi'$ vertical denkt). Ebenso findet man, dass der Integrationsraum des zweiten Integrals der Formel 21) jener Theil des Raumes ist, der vertical über dem Dreiecke $AO\Xi$ steht. (Jenes Dreieck von O gegen A und gegen Ξ zu ins Unendliche erstreckt gedacht.) Beide Integrale zusammen repräsentiren uns also eine Integration, die über die körperliche Ecke zu erstrecken ist, die von den vier Figuren AOB, $AO\Xi$, $BO\Xi'$ und $\Xi O\Xi'$ begrenzt wird. Und nun ist es leicht, die Grenzen zu bestimmen, wenn zuerst nach x

---

$$\frac{dE}{dt} = \iiint \log \frac{f(\xi,t)}{\sqrt{\xi}} \cdot \left[\frac{f(x,t)}{\sqrt{x}}\frac{f(x',t)}{\sqrt{x'}} - \frac{f(\xi,t)}{\sqrt{\xi}}\frac{f(x+x'-\xi,t)}{\sqrt{x+x'-\xi}}\right] \times \qquad 22\text{a})$$

$$\times \sqrt{\xi(x+x'-\xi)}\, \psi(\xi, x+x'-\xi, x)\, dx\, dx'\, d\xi$$

$$x \gtrless 0,\ x' \gtrless 0,\ x+x'-\xi \gtrless 0,\ \xi \gtrless 0. \qquad 22\text{b})$$

Man sieht sofort, dass wir in der Gleichung 22 a) wieder blos von der Formel 14) Gebrauch zu machen und die Grenzen wirklich anzuschreiben brauchen, um die Formel 22) des Textes zu erhalten. Man sieht also, dass, wenn man von der Methode der Grenzenbestimmung durch Ungleichungen Gebrauch macht, die Transformationen fast ohne alle Rechnung gemacht werden können, welche im Texte weitläufige Rechnungen erfordern. Wenn ich trotzdem im Texte von der weitläufigeren Methode Gebrauch machte, so geschah es blos, weil diese Art der Grenzenbestimmung durch Ungleichungen eine etwas ungewöhnlichere ist. Ich bemerke hier noch, dass für E auch folgender Ausdruck gesetzt werden kann:

$$E_1 = \int_0^\infty f(x,t) \log\left[\frac{f(x,t)}{\sqrt{x}}\right] dx. \qquad 17\text{a})$$

Dieser Ausdruck ist nämlich blos um $\int_0^\infty f(x,t)\,dx$, also um die Gesammtzahl der Moleküle in der Volumeinheit grösser, als der im Texte für E gegebene. Und da diese Gesammtzahl constant ist, so unterscheidet er sich nur durch eine Constante davon, kann also wie der im Texte gegebene nicht zunehmen. Eine andere Transformationsmethode der Integrale besteht darin, dass man der Function $\psi(x, x', \xi)$ den Werth Null beilegt, so oft $x+x'-\xi<0$ ist, und dann alle Integrationen von Null bis Unendlich erstreckt.

integrirt wird. Bei constantem ξ und ξ' bleiben wir in jener körperlichen Ecke, wenn x von Null bis $\xi+\xi'$ wächst. Null und $\xi+\xi'$ sind also die Integrationsgrenzen für x. Bezüglich ξ und ξ' aber geht die Integration von Null bis Unendlich. Bei dieser neuen Anordnung der Integrationsordnung vereinigen sich also wieder beide Integrale in eines und man hat

$$\frac{dE}{dt}=\int_0^\infty\int_0^\infty\int_0^{\xi+\xi'}\log\frac{f(x,t)}{\sqrt{x}}\cdot\left[\frac{f(\xi,t)}{\sqrt{\xi}}\frac{f(\xi',t)}{\sqrt{\xi'}}-\frac{f(x,t)}{\sqrt{x}}\frac{f(x+x'-x,t)}{\sqrt{\xi+\xi'-x}}\right]\times$$
$$\times\sqrt{\xi\xi'}\,\psi(\xi,\xi',x)d\xi\, d\xi' dx.$$

In diesem bestimmten Integrale ist es wieder gleichgiltig, mit welchen Buchstaben wir die Variabeln, nach denen zu integriren ist, bezeichnen. Wir können daher die beiden Variabeln ξ und ξ' auch mit den lateinischen Buchstaben x und x' bezeichnen, die Variable x aber mit dem Buchstaben ξ. Thun wir dies und setzen noch vor das ganze Integral das negative Zeichen, während wir gleichzeitig die Zeichen in der eckigen Klammer umkehren, so ergibt sich

$$\frac{dE}{dt}=-\int_0^\infty\int_0^\infty\int_0^{x+x'}\log\frac{f(\xi,t)}{\sqrt{\xi}}\cdot\left[\frac{f(\xi,t)}{\sqrt{\xi}}\frac{f(x+x'-\xi,t)}{\sqrt{x+x'-\xi}}-\frac{f(x,t)}{\sqrt{x}}\frac{f(x',t)}{\sqrt{x'}}\right]\times$$
$$\times\sqrt{xx'}\,\psi(x,x',\xi)dx\,dx'\,d\xi. \qquad 22)$$

Wenden wir auf diese Formel wieder ganz dieselbe Transformation an, durch welche wir aus der Gleichung 18) die Gleichung 20) erhielten, so gewinnen wir noch einen vierten Ausdruck für $\frac{dE}{dt}$. Ich glaube, diese Transformation hier nicht wirklich ausführen zu sollen; man übersieht leicht, dass ihr Resultat folgendes ist:

$$\frac{dE}{dt}=-\int_0^\infty\int_0^\infty\int_0^{x+x'}\log\frac{f(x+x'-\xi,t)}{\sqrt{x+x'-\xi}}\cdot\left[\frac{f(\xi,t)}{\sqrt{\xi}}\frac{f(x+x'-\xi,t)}{\sqrt{x+x'-\xi}}-\right.$$
$$\left.-\frac{f(x,t)}{\sqrt{x}}\frac{f(x',t)}{\sqrt{x'}}\right]\sqrt{xx'}\,\psi(x,x',\xi)dx\,dx'd\xi. \qquad 23)$$

Ich will jetzt die vier Ausdrücke, die wir für $\frac{dE}{dt}$ erhielten, noch einmal übersichtlich zusammenstellen, wobei ich mich aber folgender Abkürzungen bediene. Ich setze:

$$\frac{f(x,t)}{\sqrt{x}}=s,\quad \frac{f(x',t)}{\sqrt{x'}}=s',\quad \frac{f(\xi,t)}{\sqrt{\xi}}=\sigma,\quad \frac{f(x+x'-\xi,t)}{\sqrt{x+x'-\xi}}=\sigma',$$

$$\sqrt{xx'}\,\psi(x,x',\xi)=r.$$

Dadurch gehen die vier Gleichungen 18), 20), 22) und 23) über in

$$\frac{dE}{dt}=\int_0^\infty\int_0^\infty\int_0^{x+x'}\log s\,.(\sigma\sigma'-ss')r\,dx\,dx'\,d\xi$$

$$\frac{dE}{dt}=\int_0^\infty\int_0^\infty\int_0^{x+x'}\log s'\,.(\sigma\sigma'-ss')r\,dx\,dx'\,d\xi$$

$$\frac{dE}{dt}=-\int_0^\infty\int_0^\infty\int_0^{x+x'}\log \sigma\,.(\sigma\sigma'-ss')r\,dx\,dx'\,d\xi$$

$$\frac{dE}{dt}=-\int_0^\infty\int_0^\infty\int_0^{x+x'}\log \sigma'\,.(\sigma\sigma'-ss')r\,dx\,dx'\,d\xi.$$

Wir erhalten auch $\frac{dE}{dt}$, wenn wir alle die vier Ausdrücke addiren und die Summe durch 4 dividiren. Da rechts lauter bestimmte Integrale mit denselben Integrationsvariabeln und denselben Grenzen stehen, so können wir die Integralzeichen vor die Summen schreiben und brauchen blos die Grössen unter den Integralzeichen zu addiren. Heben wir da noch den gemeinsamen Factor heraus, so erhalten wir

$$\frac{dE}{dt}=\frac{1}{4}\int_0^\infty\int_0^\infty\int_0^{x+x'}(\log s+\log s'-\log\sigma-\log\sigma')(\sigma\sigma'-ss')\,r\,dx\,dx'\,d\xi,$$

oder nach Zusammenziehen der Summe der Logarithmen in den Logarithmus eines Productes

$$\frac{dE}{dt} = \frac{1}{4}\int_0^\infty\int_0^\infty\int_0^{x+x'} \log\left(\frac{ss'}{\sigma\sigma'}\right).(\sigma\sigma' - ss')\, r\, dx\, dx'\, d\xi. \qquad 24)$$

Wenn nun nicht für alle Werthecombinationen der in den s und σ enthaltenen Variabeln

$$ss' = \sigma\sigma' \qquad 25)$$

ist, so muss für einige entweder $ss' > \sigma\sigma'$ oder $ss' < \sigma\sigma'$ sein. Im ersten Falle ist $\log\left(\frac{ss'}{\sigma\sigma'}\right)$ positiv, $\sigma\sigma' - ss'$ aber negativ, im zweiten umgekehrt; in beiden Fällen ist daher das Product $\log\left(\frac{ss'}{\sigma\sigma'}\right).(\sigma\sigma' - ss')$ negativ. Nun ist aber die Grösse r wesentlich positiv, da ψ immer positiv ist, und auch die Quadratwurzeln mit positivem Zeichen zu nehmen sind. Es ist also die Grösse unter dem Integralzeichen, folglich auch das ganze Integrale nothwendig negativ. Es muss also E nothwendig abnehmen. Nur wenn allgemein die Gleichung 25) gilt, kann E constant bleiben. Da nun, wie wir später sehen werden, E auch nicht negativ unendlich werden kann, so muss es sich mit wachsender Zeit immer mehr einem Minimum nähern, für welches $\frac{dE}{dt} = 0$ wird, daher die Gleichung 25) besteht. Diese Gleichung lautet, wenn wir für s, s', σ und σ' wieder ihre Werthe substituiren:

$$\frac{f(x,t)}{\sqrt{x}}\cdot\frac{f(x',t)}{\sqrt{x'}} = \frac{f(\xi,t)}{\sqrt{\xi}}\cdot\frac{f(x+x'-\xi,t)}{\sqrt{x+x'-\xi}}.$$

Damit diese Gleichung für alle Werthe der Variabeln x, x' und ξ bestehe, muss, wie sich leicht zeigen lässt,

$$f(x,t) = C\sqrt{x}\,e^{-hx}$$

sein. Es ist somit strenge bewiesen, dass, wie immer die Vertheilung der lebendigen Kraft zu Anfang der Zeit gewesen sein mag, sie sich nach Verlauf einer sehr langen Zeit immer nothwendig der von Maxwell gefundenen nähern muss. Das bis-

her Vorgenommene ist nun allerdings nichts weiter als ein mathematischer Kunstgriff, um einen Satz strenge zu beweisen, dessen exacter Beweis bisher nicht gelungen ist. Es gewinnt aber sehr an Bedeutung durch seine Anwendbarkeit auf die Theorie mehratomiger Gasmoleküle. Dort lässt sich wieder von einer gewissen Grösse E beweisen, dass dieselben in Folge der Molecularbewegung nur abnehmen oder im Grenzfalle constant bleiben kann. Es lässt sich also der Beweis liefern, dass bei der Atombewegung von Systemen beliebig vieler materieller Punkte immer eine gewisse Grösse existirt, welche in Folge jener Atombewegung nicht zunehmen kann, und diese Grösse stimmt bis auf einen constanten Factor genau mit der von mir in der Abhandlung „Analyt. Beweis der 2. Haupts. etc.“, Sitzungsb. d. Wiener Akad. Bd. 63, für das bekannte Integrale $\int \frac{dQ}{T}$ gefundenen Grösse überein. Es ist also hiemit ein analytischer Beweis des zweiten Hauptsatzes auf einem ganz anderen Wege angebahnt, als derselbe bisher versucht wurde. Bisher suchte man nämlich immer zu beweisen, dass $\int \frac{dQ}{T} = 0$ ist für den umkehrbaren Kreisprocess, womit noch immer nicht analytisch bewiesen ist, dass es für den nicht umkehrbaren Kreisprocess, der doch allein in der Natur vorkommt, immer negativ ist, während der umkehrbare Kreisprocess blos ein Ideal ist, dem man sich mehr oder weniger nähern, es aber nicht vollkommen erreichen kann. Hier dagegen gelangen wir direct zum Satze, dass $\int \frac{dQ}{T}$ im Allgemeinen negativ und nur für den Grenzfall gleich Null ist, der natürlich der umkehrbare Kreisprocess ist (weil für ihn nicht, wenn man ihn in dem einen und andern Sinne durchläuft, $\int \frac{dQ}{T}$ immer negativ sein kann).

II. Ersetzung der Integrale durch Summen.

Ich will mich hier nicht länger mit Betrachtung der Beziehung der Grösse E zum Integrale $\int \frac{dQ}{T}$ aufhalten, sondern jetzt

zeigen, wie alles bisher Vorgetragene viel klarer und anschaulicher wird, wenn wir die partielle Differentialgleichung 16) in ein System gewöhnlicher Differentialgleichungen verwandeln. Es geschieht dies, indem wir das in jener partiellen Differentialgleichung erscheinende Doppelintegrale durch eine Summe ersetzen nach der bekannten Formel

$$\int_0^\infty f(x,t)dx = lim\, \varepsilon[f(\varepsilon,t)+f(2\varepsilon,t)+f(3\varepsilon,t)+\ldots f(p\varepsilon,t)]$$

$$\text{für } lim\, \varepsilon = 0, \; lim\, p\varepsilon = \infty.$$

Wir wollen beide Integrale der Formel 16) durch eine derartige Summe ersetzen, und zuerst ε und p endlich annehmen. Dann verwandelt sich die Gleichung 16) in eine Differentialgleichung mit folgenden Unbekannten: $f(\varepsilon,t)$, $f(2\varepsilon,t),\ldots f(p\varepsilon,t)$. Jede dieser Unbekannten ist nur mehr Function der Zeit. Die Zahl der Unbekannten ist p. Allein die Gleichung 16) muss für jedes x gelten. Setzen wir darin der Reihe nach

$$x=\varepsilon, \; x=2\varepsilon, \ldots x=p\varepsilon,$$

so erhalten wir im Ganzen p Differentialgleichungen zwischen unsern p Unbekannten; und da die Unbekannten nur Functionen der Zeit sind, so sind die Differentialgleichungen keine partiellen. Dieses System von p gewöhnlichen Differentialgleichungen zwischen p Unbekannten lösen wir zuerst auf und untersuchen dann, welcher Grenze sich die Lösung nähert, wenn ε unendlich klein, $p\varepsilon$ unendlich gross wird. Jene Grenze ist dann die Lösung der partiellen Differentialgleichung. Die Substitution der Summenformel in die partielle Differentialgleichung hat gar keine Schwierigkeit. Dieselbe verwandelt sich dann in das Gleichungssystem 34) auf Seite 39. Auf dieser Seite werden wir dann auch die übrigen jetzt nur skizzirten Rechnungsoperationen ausführen. Zuvor will ich aber noch zeigen, wie man unser Problem modificiren muss, um direct statt auf die partielle Differentialgleichung auf jenes System von p gewöhnlichen Differentialgleichungen zu kommen. Die Methode, deren wir uns hiebei bedienen werden, ist keineswegs neu. Die Integrale sind bekanntlich nichts anderes, als symbolische

Bezeichnungen als Summen unendlich vieler, unendlich kleiner Glieder. Die symbolische Bezeichnung der Integralrechnung zeichnet sich nur durch eine solche Kürze aus, dass es in den meisten Fällen nur zu unnützen Weitschweifigkeiten führen würde, wenn man die Integrale erst als Summen von p Gliedern hinschriebe und dann p immer grösser werden liesse. Trotzdem aber gibt es Fälle, in denen die letztere Methode wegen der Allgemeinheit, die sie erzielt, namentlich aber wegen der grösseren Anschaulichkeit, in der sie die verschiedenen Lösungen eines Problems erscheinen lässt, nicht ganz zu verschmähen ist. Ich erinnere da an die elegante Auflösung des Problems der Saitenschwingungen durch Lagrange in den *Miscellanea taurinensia*, wo derselbe zuerst die Schwingungen eines Systems von n mit einander verbundenen Kugeln behandelt, und dann zu den Saitenschwingungen gelangt, indem er n immer grösser, die Masse jeder Kugel immer kleiner werden lässt. In ähnlicher Weise wurde auch das Problem der Diffusion und Wärmeleitung (durch Stefan, Sitzungsb. d. Wiener Akad. Bd. 47 u. Beez) gelöst. Noch eine hübsche Anwendung dieser Methode auf die Differentialgleichung $\frac{d^2 w}{dr\,ds} = a\left(\frac{dw}{dz} + \frac{dw}{ds}\right)$ deutet Riemann in den Ber. d. Götting. Ges. d. Wiss. Bd. 8 an. Diese Methode scheint mir nun auch in unserem Falle, wenn man sich einmal an einige Abstractionen gewöhnt hat, die Deutlichkeit sehr zu fördern. Wir wollen an die Stelle der continuirlichen Variabeln x eine Reihe discreter Werthe ε, 2ε, $3\varepsilon, \ldots p\varepsilon$ setzen. Wir müssen daher annehmen, dass unsere Moleküle nicht im Stande sind, eine continuirliche Reihe lebendiger Kräfte anzunehmen, sondern blos solche, welche Vielfache einer gewissen Grösse ε sind. Im Übrigen wollen wir ganz dasselbe Problem wie früher behandeln. In einem Raume R haben wir sehr viele Gasmoleküle. Aber jedes derselben soll nur fähig sein, folgende lebendige Kräfte anzunehmen:

$$\varepsilon,\ 2\varepsilon,\ 3\varepsilon,\ 4\varepsilon \ldots p\varepsilon \qquad 26)$$

Kein Molekül soll eine dazwischen liegende noch grössere lebendige Kraft annehmen. Wenn zwei Moleküle zusammenstossen, so sollen sie ihre lebendige Kraft in gar mannigfaltiger

Weise verändern. Aber immer soll nach dem Stosse die lebendige Kraft jedes Moleküls wieder ein Vielfaches von ε sein. Ich brauche wohl nicht zu bemerken, dass wir es da für den Augenblick nicht mit einem reellen physikalischen Probleme zu thun haben. Es dürfte schwer sein, eine Vorrichtung zu ersinnen, welche den Zusammenstoss zweier Körper so regulirt, dass nach demselben die lebendige Kraft eines jeden immer ein Vielfaches von ε ist. Darum handelt es sich hier auch gar nicht. Jedenfalls steht es uns frei, die mathematischen Consequenzen dieser Annahme zu prüfen, welche nichts weiter als ein Hilfsmittel sein soll, um uns die Berechnung des physikalischen Vorganges zu erleichtern. Denn zum Schlusse werden wir ja ε unendlich klein, $p\varepsilon$ unendlich gross setzen, wodurch sofort die unter 26) gegebene Reihe lebendiger Kräfte in eine continuirliche, unsere mathematische Fiction also in das früher behandelte physikalische Problem übergeht. Wir nehmen nun an, zur Zeit t befinden sich w_1 Moleküle mit der leb. Kraft ε, w_2 Moleküle mit der leb. Kraft $2\varepsilon \ldots w_p$ mit der leb. Kraft $p\varepsilon$ in der Volumeinheit. Wir nehmen wieder an, schon zur Zeit t sei die Vertheilung der lebendigen Kraft eine gleichförmige gewesen (die mit w bezeichneten Grössen seien also unabhängig davon, wo wir den Raum vom Volumen eins construiren) und für die Geschwindigkeitsrichtung sei jede Richtung im Raume gleich wahrscheinlich gewesen. Im Verlaufe der Zeit werden aus der Volumeinheit Moleküle von einer gewissen lebendigen Kraft, z. B. $k\varepsilon$ austreten; allein da die Vertheilung der lebendigen Kraft eine gleichförmige ist, so werden durchschnittlich eben so viele wieder aus der Umgebung eintreten. Und da es sich hier nur um Durchschnittswerthe handelt, so werden sich die mit w bezeichneten Anzahlen also nur durch die Zusammenstösse verändern. Wollen wir daher die Differentialgleichungen für die Veränderungen der w aufstellen, so müssen wir die Zusammenstösse einer nähern Betrachtung unterziehen. Bezeichnen wir mit $N_{\varkappa\lambda}^{kl}$ die Zahl der Zusammenstösse, welche in der Volumeinheit während der sehr kleinen Zeit τ so geschehen, dass vor denselben die lebendige Kraft des ersten der stossenden Moleküle $k\varepsilon$, die des zweiten $l\varepsilon$, nach dem Stosse aber die des ersten $\varkappa\varepsilon$, des zweiten $\lambda\varepsilon$ ist. Die vier Grössen k, l, $\varkappa$, λ sind ganze positive

Zahlen $\leqq p$; denn Zusammenstösse, bei denen die Grössen k, l, $\varkappa$, λ andere Werthe hätten, finden, wie wir wissen, nicht statt. Ausserdem besteht zwischen denselben die Gleichung

$$k+l=\varkappa+\lambda\,, \qquad 27)$$

da die Summe der lebendigen Kraft beider Moleküle vor dem Stosse gleich der Summe der lebendigen Kraft beider Moleküle nach dem Stosse sein muss. Da wir es gegenwärtig nicht mit einem reellen physikalischen Probleme zu thun haben, so können wir diese Anzahl $N_{\varkappa\lambda}^{kl}$ natürlich auch nicht wirklich bestimmen; wir können über dieselbe vielmehr jede beliebige Voraussetzung machen und die daraus folgenden Consequenzen prüfen. Wollen wir aber, dass unser Problem für unendlich kleine ε in das früher behandelte übergeht, so müssen wir voraussetzen, dass $N_{\varkappa\lambda}^{kl}$ vollkommen analog bestimmt sei, wie früher die Anzahl der Zusammenstösse bestimmt war. Wir nehmen also an, die Zahl $N_{\varkappa\lambda}^{kl}$ sei wieder erstens proportional der Zeit τ, zweitens proportional der Anzahl der Moleküle mit der lebendigen Kraft $k\varepsilon$ in der Volumeinheit, also proportional w_k, drittens proportional der Zahl w_l. Das Product dieser drei Grössen sei noch zu multipliciren mit einem gewissen Proportionalitätsfactor, der noch von den vier die Natur des Zusammenstosses bestimmenden Grössen k, l, $\varkappa$, λ, aber nicht von der Zeit abhängen kann, und mit $A_{\varkappa\lambda}^{kl}$ bezeichnet werden mag. Fassen wir alles dieses zusammen, so haben wir also:

$$N_{\varkappa\lambda}^{kl}=\tau\,.\,w_k\,.\,w_l\,.\,A_{\varkappa\lambda}^{kl}. \qquad 28)$$

Jetzt ist die Zahl der Zusammenstösse ganz analog wie früher (in Formel 2) bestimmt. Die Grösse A tritt an die Stelle der früher mit ψ bezeichneten. Wollen wir die Analogie vollständig machen, so müssen wir der Grösse A auch noch dieselben Eigenschaften beilegen, welche die Grösse ψ hatte. ψ erfüllte die Gleichung

$$xx'\psi(x,x',\xi)=\xi(x+x'-\xi)\,\psi(\xi,x+x'-\xi,x). \qquad 29)$$

In unserem Falle sind die lebendigen Kräfte vor dem Stosse $k\varepsilon$, $l\varepsilon$, die nach demselben $\varkappa\varepsilon$, $\lambda\varepsilon$; in unserem Falle ist also

$$x = k\varepsilon, \quad x' = l\varepsilon, \quad \xi = \varkappa\varepsilon, \quad x + x' - \xi = \lambda\varepsilon.$$

Der Grösse $\psi(x, x', \xi)$ entspricht $A^{kl}_{\varkappa\lambda}$, und man sieht leicht, dass der Grösse $\psi(\xi, x + x' - \xi, x)$ die Grösse $A^{\varkappa\lambda}_{kl}$ entspricht. Die Gleichung 29) geht also in unserem Falle über in

$$\sqrt{kl} \,.\, A^{kl}_{\varkappa\lambda} = \sqrt{\varkappa\lambda} \,.\, A^{\varkappa\lambda}_{kl}. \qquad 30)$$

Nun ist die Analogie eine vollständige, und wir brauchen nur ε unendlich klein, $p\varepsilon$ unendlich gross zu setzen, um aus der Lösung dieses Problems die des früher behandelten physikalischen zu erhalten. Die Formeln werden etwas einfacher, wenn wir $\sqrt{kl} \,.\, A^{kl}_{\varkappa\lambda}$, was ja wieder eine von den vier Zahlen k, l, $\varkappa$, λ abhängige Constante ist, mit $B^{kl}_{\varkappa\lambda}$ bezeichnen. Dann geht die Gleichung 30) über in

$$B^{kl}_{\varkappa\lambda} = B^{\varkappa\lambda}_{kl} \qquad 31)$$

und die Gleichung 28) verwandelt sich in

$$N^{kl}_{\varkappa\lambda} = \tau \,.\, \frac{w_k w_l}{\sqrt{kl}} \,.\, B^{kl}_{\varkappa\lambda}. \qquad 32)$$

Die Quadratwurzeln sind natürlich positiv zu nehmen, da $N^{kl}_{\varkappa\lambda}$ wie die w wesentlich positive Zahlen sind, und wir die B auch immer positiv wählen wollen. Nach diesen Vorbereitungen fragen wir uns, welche Veränderung die Grösse w_1 während der Zeit τ erfährt. w_1 ist die Zahl der Moleküle mit der lebendigen Kraft ε in der Volumeinheit. Wir wissen, dass sich diese Zahl nur in Folge der Zusammenstösse verändert. So oft nämlich zwei Moleküle so zusammenstossen, dass vor dem Stosse eines derselben die lebendige Kraft ε hat, während nach demselben keines mehr die lebendige Kraft ε hat, wird diese Zahl um eins vermindert. Umgekehrt, so oft zwei Moleküle so zusammenstossen, dass vor dem Stosse keines, nach dem Stosse aber eines die lebendige Kraft ε hat, wird jene Zahl um eins

vermehrt. Ziehen wir also die erstere Zahl von w_1 ab, und addiren die letztere hinzu, so erhalten wir die Zahl der Moleküle in der Volumeinheit, welche zur Zeit $t+\tau$ die lebendige Kraft ε haben, und welche wir mit w_1' bezeichnen wollen. Es handelt sich also jetzt um die Zahl der Zusammenstösse, vor denen eines der stossenden Moleküle die lebendige Kraft ε hatte. Wenn auch das andere die lebendige Kraft ε hatte, so müssen nach dem Stosse wieder beide die lebendige Kraft ε haben, da die Summe der lebendigen Kraft beider nach dem Stosse wieder 2ε sein muss und keine anderen lebendigen Kräfte als die in der Reihe 26) verzeichneten vorkommen können. Hatte vor dem Stosse ein Molekül die lebendige Kraft ε, das andere 2ε, so muss aus demselben Grunde auch nach dem Stosse eines die lebendige Kraft ε, das andere 2ε haben. Durch alle diese Zusammenstösse ändert sich also die Zahl der Moleküle mit der lebendigen Kraft ε nicht. Anders aber ist die Sache, wenn vor dem Stosse ein Molekül die lebendige Kraft ε, das andere 3ε hatte; dann können nach dem Stosse beide die lebendige Kraft 2ε haben. Durch jeden dieser Zusammenstösse wird die Zahl der Moleküle mit der lebendigen Kraft ε, also w_1, um eins vermindert. Im Ganzen geschehen N_{22}^{13} solcher Zusammenstösse in der Volumeinheit während der Zeit τ; durch alle diese Zusammenstösse zusammen nimmt also w_1 um N_{22}^{13} ab. Es ist also N_{22}^{13} von w_1 zu subtrahiren. Ebenso sind N_{23}^{14}, N_{32}^{14}, $N_{24}^{15}, \ldots N_{p-1,2}^{1p}$ von w_1 zu subtrahiren. Dagegen sind die Zahlen N_{13}^{22}, $N_{14}^{23}, \ldots N_{1,p}^{p-1,2}$ dazu zu addiren, weil durch jeden dieser Zusammenstösse die Zahl der Moleküle mit der lebendigen Kraft ε um eins vermehrt wird. Es ergibt sich somit:

$$\begin{aligned} w'_1 = w_1 - N_{22}^{13} - N_{23}^{14} - N_{32}^{14} - N_{24}^{15} - \ldots \\ + N_{13}^{22} + N_{14}^{23} + N_{14}^{32} + N_{15}^{24} + \ldots \end{aligned} \tag{33}$$

Das Gesetz, welches hier herrscht, ist leicht zu übersehen. Zu subtrahiren sind alle N, welche oben den Index 1 haben, zu addiren alle, welche unten den Index 1 haben. Diejenigen, welche diesen Index sowohl oben, als auch unten haben, sind zu addiren und subtrahiren, können also ganz weggelassen werden. (Früher im Integrale haben wir diese sich tilgenden

Glieder bequemlichkeitshalber nicht fortgehoben.) Dabei ist noch zu beachten, dass die vier Indices der N die Gleichung 27) erfüllen müssen, und dass zwei N, welche durch gleichzeitige Verwechslung der obern und untern Indices auseinander hervorgehen (z. B. N_{23}^{14} und N_{32}^{41}) ganz identischen Zusammenstössen entsprechen, daher nur einmal addirt (respective subtrahirt) werden dürfen. Entwickeln wir w'_1 nach dem Taylor'schen Lehrsatze, so ergibt sich $w'_1 = w_1 + \tau \frac{dw_1}{dt}$. Substituiren wir dies, sowie die durch die Gleichung 32) gegebenen Werthe der N in die Gleichung 33), so ergibt sich, nachdem mit τ wegdividirt wurde

$$\frac{dw_1}{dt} = -B_{22}^{13}\frac{w_1 w_3}{\sqrt{1}\sqrt{3}} - B_{23}^{14}\frac{w_1 w_4}{\sqrt{1}\sqrt{4}} - B_{32}^{14}\frac{w_1 w_4}{\sqrt{1}\sqrt{4}} - B_{24}^{15}\frac{w_1 w_5}{\sqrt{1}\sqrt{5}} - \cdots$$

$$+ B_{13}^{22}\frac{w_2^2}{2} + B_{14}^{23}\frac{w_2 w_3}{\sqrt{2}\sqrt{3}} + B_{14}^{32}\frac{w_2 w_3}{\sqrt{2}\sqrt{3}} + B_{15}^{24}\frac{w_2 w_4}{\sqrt{2}\sqrt{4}} + \cdots$$

welche Gleichung unter Berücksichtigung der Gleichung 32) auch so geschrieben werden kann:

$$\frac{dw_1}{dt} = B_{22}^{13}\left(\frac{w_2^2}{2} - \frac{w_1 w_3}{\sqrt{1}\sqrt{3}}\right) +$$

$$+ (B_{23}^{14} + B_{32}^{14})\left(\frac{w_2 w_3}{\sqrt{2}\sqrt{3}} - \frac{w_1 w_4}{\sqrt{1}\sqrt{4}}\right) + \cdots.$$

Ebenso findet man

$$\frac{dw_2}{dt} = 2B_{22}^{13}\left(\frac{w_1 w_3}{\sqrt{1}\sqrt{3}} - \frac{w_2^2}{2}\right) + \tag{34}$$

$$+ (B_{23}^{14} + B_{32}^{14})\left(\frac{w_1 w_4}{\sqrt{1}\sqrt{4}} - \frac{w_2 w_3}{\sqrt{2}\sqrt{3}}\right) + \cdots$$

$$\vdots$$

$$\frac{dw_p}{dt} = (B_{2,p-1}^{1,p} + B_{p-1,2}^{1,p})\left(\frac{w_{p-1} w_3}{\sqrt{p-1}\sqrt{2}} - \frac{w_1 w_p}{\sqrt{1}\sqrt{p}}\right) +$$

$$+ (B_{3,p-2}^{1,p} + B_{p-2,3}^{1,p})\left(\frac{w_3 w_{p-2}}{\sqrt{3}\sqrt{p-2}} - \frac{w_1 w_p}{\sqrt{1}\sqrt{p}}\right) + \cdots$$

Es bedarf höchstens noch einer Erläuterung, warum das Glied $B_{22}^{13}\frac{w_1 w_3}{\sqrt{1}\sqrt{3}}$ im Ausdrucke für $\frac{dw_2}{dt}$ den Factor 2 hat. Dieses Glied rührt von jenen Zusammenstössen her, für welche vor dem Stosse ein Molekül die lebendige Kraft ε, das andere 3ε, nach dem Stosse beide die lebendige Kraft 2ε haben; durch jeden dieser Stösse wird die Zahl der Moleküle mit der lebendigen Kraft 2ε nicht um eins, sondern um zwei vermehrt, weil ja durch jeden dieser Stösse gleichzeitig zwei Moleküle die lebendige Kraft 2ε gewinnen. Daher müssen alle diese Stösse doppelt gezählt werden. Ebenso zählen im Ausdrucke für $\frac{dw_3}{dt}$ die Glieder $B_{33}^{15}\frac{w_1 w_5}{\sqrt{5}}$ und $B_{33}^{24}\frac{w_2 w_4}{\sqrt{2}\sqrt{4}}$ u. s. w. doppelt. Es wäre leicht, das Gleichungssystem 34) durch Summenformeln darzustellen; ich glaube aber, dass dadurch für die Deutlichkeit nichts Wesentliches gewonnen würde; das Bildungsgesetz ist ja nach dem Auseinandergesetzten klar. Man sieht auch, dass dies genau das Gleichungssystem ist, in welches die eine partielle Differentialgleichung 18) übergeht, wenn man sie nach der früher auseinandergesetzten Lagrange'schen Methode durch ein System von p gewöhnlichen Differentialgleichungen ersetzt und $f(k\varepsilon, t)$ mit w_k bezeichnet. Um die Gleichungen 34) etwas zu vereinfachen, setzen wir

$$w_k = \sqrt{k} . u_k .$$

Dieselben verwandeln sich dann in

$$\frac{du_1}{dt} = B_{22}^{13}(u_2^2 - u_1 u_3) + (B_{23}^{14} + B_{32}^{14})(u_2 u_3 - u_1 u_4) + \ldots$$

$$2\frac{du_2}{dt} = 2B_{22}^{13}(u_1 u_3 - u_2^2) + (B_{23}^{14} + B_{32}^{14})(u_1 u_4 - u_2 u_3) + \ldots \qquad 35)$$

$$\vdots$$

$$p\frac{du_p}{dt} = (B_{2,p-1}^{1,p} + B_{p-1,2}^{1,p})(u_2 u_{p-1} - u_1 u_p) + \ldots$$

Aus diesen Gleichungen lässt sich wieder beweisen, dass

$$E = u_1 \log u_1 + \sqrt{2} u_2 \log u_2 + \ldots + \sqrt{p} u_p \log u_p$$

beständig abnehmen muss, so lange nicht $u_2^2 - u_1 u_3$, $u_2 u_3 - u_1 u_4 \ldots$ kurz alle in den Gleichungen 35) mit den Coëfficienten B multiplicirten Ausdrücke verschwinden. Die Gleichungen 35) haben das Unbequeme, dass sie sich höchstens durch Summenformeln nicht aber explicit vollständig hinschreiben lassen. Es wird daher ohne Zweifel die Deutlichkeit erhöhen, wenn wir, mit den einfachsten Fällen beginnend, erst allmälig zum allgemeinen Falle übergehen. Sei zunächst $p = 3$; die Moleküle seien also nur fähig, drei verschiedene lebendige Kräfte, ε, 2ε und 3ε anzunehmen. Dann reducirt sich das Gleichungssystem 35) auf folgende drei Gleichungen:

$$\begin{aligned} \frac{du_1}{dt} &= B_{22}^{13}(u_2^2 - u_1 u_3) \\ \sqrt{2}\frac{du_2}{dt} &= 2B_{22}^{13}(u_1 u_3 - u_2^2) \\ \sqrt{3}\frac{du_3}{dt} &= B_{22}^{13}(u_2^2 - u_1 u_3) \end{aligned} \tag{36}$$

und der Ausdruck für E geht über in

$$E = u_1 \log u_1 + \sqrt{2}\, u_2 \log u_2 + \sqrt{3}\, u_3 \log u_3.$$

Die Differentiation liefert

$$\frac{dE}{dt} = (\log u_1 + 1)\frac{du_1}{dt} + (\log u_2 + 1)\frac{du_2}{dt} + (\log u_3 + 1)\frac{du_3}{dt}$$

oder nach veränderter Anordnung der Glieder

$$\frac{dE}{dt} = \log u_1 \frac{du_1}{dt} + \sqrt{2} \log u_2 \frac{du_2}{dt} + \sqrt{3} \log u_3 \frac{du_3}{dt}$$
$$+ \frac{du_1}{dt} + \sqrt{2}\frac{du_2}{dt} + \sqrt{3}\frac{du_3}{dt}.$$

Die Summe der letzten drei Glieder verschwindet gemäss den Gleichungen 36) und man erhält somit $\frac{dE}{dt}$, indem man die erste dieser Gleichungen mit $\log u_1$, die zweite mit $\log u_2$, die dritte mit $\log u_3$ multiplicirt und alle drei addirt. Führt man dies wirklich aus, so erhält man

$$\frac{dE}{dt} = B^{13}_{22}.(u_2^2 - u_1 u_3).(\log u_1 + \log u_3 - 2 \log u_2)$$

oder

$$\frac{dE}{dt} = B^{13}_{22}.(u_2^2 - u_1 u_3) \log\left(\frac{u_1 u_3}{u_2^2}\right).$$

Von den beiden Factoren, welche auf der rechten Seite dieser Gleichung mit B^{13}_{22} multiplicirt sind, ist für $u_2^2 > u_1 u_3$ der erste positiv, der zweite negativ, für $u_2^2 < u_1 u_3$ aber der erste negativ und der zweite positiv; ihr Product ist daher immer negativ, und da B^{13}_{22} wesentlich positiv ist, so ist $\frac{dE}{dt}$ immer negativ oder gleich Null; letzteres für $u_2^2 = u_1 u_3$. Nun lässt sich aber leicht beweisen, dass E nicht negativ unendlich werden kann. Selbstverständlich kann keine der drei Grössen u_1, u_2 und u_3 negativ oder imaginär werden. Für positive u aber kann $u \log u$ bekanntlich keinen grösseren negativen Werth als $-\frac{1}{e}$, die Grösse E also keinen grösseren negativen Werth als

$$-\frac{1 + \sqrt{2} + \sqrt{3}}{e}$$

annehmen, wobei e die Basis der natürlichen Logarithmen ist.

Es muss sich also E, da sein Differentialquotient nicht positiv sein kann, immer mehr einem Minimum nähern, für welches $\frac{dE}{dt} = o$, also $u_2^2 = u_1 u_3$ ist. Ganz in derselben Weise kann der Beweis auch geführt werden, wenn $n > 3$ ist. Ich betrachte hier nur noch den Fall $n = 4$. In diesem Falle reduciren sich die Gleichungen 35) auf

$$\frac{du_1}{dt} = B_{22}^{13}(u_2^2 - u_1u_3) + (B_{23}^{14} + B_{32}^{14})(u_2u_3 - u_1u_4) \tag{37}$$

$$\sqrt{2}\frac{du_2}{dt} = 2B_{22}^{13}(u_1u_3 - u_2^2) + (B_{23}^{14} + B_{32}^{14})(u_1u_4 - u_2u_3) + B_{33}^{24}(u_3^2 - u_2u_4)$$

$$\sqrt{3}\frac{du_3}{dt} = B_{22}^{13}(u_2^2 - u_1u_3) + (B_{23}^{14} + B_{32}^{14})(u_1u_4 - u_2u_3) + 2B_{33}^{24}(u_2u_4 - u_3^2)$$

$$\sqrt{4}\frac{du_4}{dt} = (B_{23}^{14} + B_{32}^{14})(u_2u_3 - u_1u_4) + B_{33}^{24}(u_3^2 - u_2u_4).$$

Für E aber findet man

$$E = u_1 \log u_1 + \sqrt{2}\, u_2 \log u_2 + \sqrt{3}\, u_3 \log u_3 + \sqrt{4}\, u_4 \log u_4$$

$$\frac{dE}{dt} = \log u_1 \frac{du_1}{dt} + \sqrt{2} \log u_2 \frac{du_2}{dt} + \sqrt{3} \log u_3 \frac{du_3}{dt} + \sqrt{4} \log u_4 \frac{du_4}{dt}.$$

Substituirt man hier für $\frac{du_1}{dt}$, $\frac{du_2}{dt}$, $\frac{du_3}{dt}$, $\frac{du_4}{dt}$ ihre Werthe aus den Gleichungen 37), so ergibt sich nach passender Anordnung der Glieder

$$\frac{dE}{dt} = B_{22}^{13}(u_2^2 - u_1u_3) \log\left(\frac{u_1u_3}{u_2^2}\right) + B_{33}^{24}(u_3^2 - u_2u_4) \log\left(\frac{u_2u_4}{u_3^2}\right) +$$

$$+ (B_{23}^{14} + B_{32}^{14})(u_2u_3 - u_1u_4) \log\left(\frac{u_1u_4}{u_2u_3}\right).$$

Ich bemerke, dass die Veränderung der Anordnung der Summanden, welche hier erforderlich war, nichts anderes ist, als unsere frühere weitläufige Transformation des bestimmten Integrals. Aus dem obigen Ausdrucke sieht man sofort, dass $\frac{dE}{dt}$ wieder nothwendig negativ ist, wenn nicht gleichzeitig

$$u_2^2 = u_1u_3, \quad u_3^2 = u_2u_4, \quad u_2u_3 = u_1u_4$$

ist, wofür man auch setzen kann

$$u_3 = \frac{u_2^2}{u_1}, \quad u_4 = \frac{u_2^3}{u_1^2}.$$

Ebenso findet man für den allgemeinen Fall, dass $\frac{dE}{dt}$ nothwendig negativ ist, daher E nothwendig abnimmt, wenn nicht

$$u_3 = \frac{u_2^2}{u_1}, \quad u_4 = \frac{u_2^3}{u_1^2}, \ldots \qquad 38)$$

ist. Da nun E wieder keinen grösseren negativen Werth als

$$-\frac{1+\sqrt{2}+\sqrt{3}+\ldots\sqrt{p}}{e} \qquad 39)$$

annehmen kann, so muss es sich nothwendig einem Minimum immer mehr und mehr nähern, für welches die Gleichungen 38) bestehen werden. Es nähert sich daher die Zustandvertheilung immer mehr der durch die Gleichungen 38) bestimmten. Es ist noch zu beweisen, dass die Gleichungen 38) die Zustandsvertheilung eindeutig bestimmen. Addiren wir alle Gleichungen 35), so ergibt sich

$$\frac{du_1}{dt} + \sqrt{2}\frac{du_2}{dt} + \sqrt{3}\frac{du_3}{dt} + \ldots \sqrt{p}\frac{du_p}{dt} = 0,$$

daher

$$u_1 + \sqrt{2}u_2 + \sqrt{3}u_2 + \ldots + \sqrt{p}\,u_p = a \qquad 40)$$

In ähnlicher Weise findet man

$$u_1 + 2\sqrt{2}u_2 + 3\sqrt{3}u_3 + \ldots + p\sqrt{p}u_p = \frac{b}{\varepsilon}, \qquad 41)$$

wobei a und b Constanten sind. Die Bedeutung dieser Gleichungen liegt auf der Hand. Es ist nämlich

$$w_1 + w_2 + w_3 + \ldots = u_1 + \sqrt{2}u_2 \pm \sqrt{3}u_3 + \ldots = a$$

die Gesammtzahl der Moleküle in der Volumeinheit, b aber ist ihre gesammte lebendige Kraft. Die Gleichungen 40) und 41) besagen uns also, dass jene beiden Grössen constant sind. Seien uns die beiden Grössen a und b, also die Gesammtzahl der Moleküle in der Volumeinheit und ihre gesammte lebendige Kraft

gegeben. Dann wollen wir den Quotienten $\frac{u_2}{u_1}=\gamma$ setzen. Die Gleichungen 38) gehen dann über in

$$u_3=\gamma^2 u_1,\ u_4=\gamma^3 u_1,\ \dots\ u_p=\gamma^{p-1} u_1.$$

Substituirt man diese Werthe in die Gleichungen 40) und 41), so findet man daraus mit Leichtigkeit

$$\begin{aligned}\left[pa-\frac{b}{\varepsilon}\right]\sqrt{p}\,\gamma^{p-1}+\left[(p-1)a-\frac{b}{\varepsilon}\right]\sqrt{p-1}\,\gamma^{p-2}+\dots\\ +\left(3a-\frac{b}{\varepsilon}\right)\sqrt{3}\,\gamma^2+\left(2a-\frac{b}{\varepsilon}\right)\sqrt{2}\,\gamma+a-\frac{b}{\varepsilon}=0.\end{aligned} \tag{42}$$

Da alle u nothwendig positiv sind, so sieht man unmittelbar, dass $\frac{b}{\varepsilon}-a$ positiv, $\frac{b}{\varepsilon}-pa$ aber negativ sein muss. Es muss daher b zwischen εa und εpa liegen. In der Gleichung 42) ist daher der Coëfficient von γ^{p-1} positiv, das von γ freie Glied aber negativ. Ihr Gleichungspolynom ist also für $\gamma=\infty$ positiv, für $\gamma=0$ negativ; sie liefert also eine positive Wurzel für γ und sie liefert nur eine, weil die Reihe der Coëfficienten nur einen Zeichenwechsel hat. Negative oder imaginäre Werthe für γ haben natürlich keinen Sinn. Aus γ aber lassen sich alle u, mithin auch die w eindeutig bestimmen. Wie immer also die Zustandsvertheilung zu Anfang der Zeit gewesen sein mag, es gibt eine, und nur eine, der sie sich mit wachsender Zeit immer mehr nähert. Dieselbe hängt blos ab von den Constanten a und b, also der Gesammtzahl und der gesammten lebendigen Kraft der Moleküle (Dichte und Temperatur des Gases). Dieser Satz wurde zunächst nur für den Fall bewiesen, dass die Zustandsvertheilung schon zu Anfang der Zeit eine gleichförmige war. Er muss also auch gelten, wenn dies nicht der Fall war, wenn die Moleküle nur so vertheilt waren, dass sie sich mit wachsender Zeit immer mehr mischen, dass also die Zustandsvertheilung nach Verlauf einer sehr langen Zeit eine gleichförmige wird, und dies wird immer der Fall sein, mit Ausnahme ganz specieller Fälle, z. B. wenn die Moleküle anfangs in einer gera-

den Linie angeordnet gewesen wären, und auch von den Wänden in diese Gerade zurückreflectirt würden. Da wir dies für beliebige p und ε bewiesen haben, so können wir sofort zu dem Falle übergehen, wo $\frac{1}{p}$ und ε unendlich klein sind[8]. Wir haben zunächst:

$$w_k = \sqrt{k u_k} = u_1 \sqrt{k \gamma^{k-1}}.$$

---

[8] Für sehr grosse p wird den Ausdruck 39) sehr gross von der Ordnung $p^{3/2}$. In diesem Falle ist es also nothwendig, einen kleineren negativen Werth aufzusuchen, den E niemals überschreiten kann. Die hier mit E bezeichnete Grösse unterscheidet sich durch eine Constante von der früher so bezeichneten. Wollen wir die in der Anmerkung 7, Gleichung 17 a) mit E_1 bezeichnete Grösse erhalten, die wieder nur durch eine Constante von den übrigen mit diesen Buchstaben bezeichneten Grössen verschieden ist, so müssen wir zu unserem gegenwärtigen E noch

$$-\frac{3 \log \varepsilon}{2}(u_1 + \sqrt{2} u_2 + \ldots)$$

addiren. Es ist also

$$E_1 = E - \frac{3 \log \varepsilon}{2}(u_1 + \sqrt{2} u_2 + \ldots) = u_1 \log\left(\frac{u_1}{\varepsilon^{3/2}}\right) + \sqrt{2} u_2 \log\left(\frac{u_2}{\varepsilon^{3/2}}\right) + \ldots$$

Es ist zunächst klar, dass E_1 eine für alle reellen positiven Werthe der u reelle und continuirliche Function derselben ist. Ferner kann (wenn wir eine negative Grösse als um so kleiner bezeichnen, je grösser ihr Zahlenwerth ist), E nicht kleiner als der Ausdruck 39), also E_1 nicht kleiner als

$$-\frac{1}{2}(1 + \sqrt{2} + \ldots \sqrt{p}) - {}^3/_2 n \log \varepsilon$$

werden. Es muss daher E_1 ein Minimum haben, wenn die u alle reellen positiven mit den Gleichungen 40) und 41) verträglichen Werthe durchlaufen. Man beweist zunächst leicht, dass für dieses Minimum keines der u gleich Null sein kann, dass es also nicht an der Grenze der von den u gebildeten Mannigfaltigkeit liegen kann, und folglich nach den gewöhnlichen Regeln der Differentialrechnung gefunden wird. Addiren wir zum totalen Differential von E_1 das der beiden Gleichungen 40) und 41); ersteres mit dem unbestimmten Multiplicator λ, letzteres mit dem ebenfalls erst zu bestimmenden Multiplicator μ multiplicirt, so ergibt sich

$$(\log u_1 + \lambda + \mu) du_1 + (\log u_2 + \lambda + 2\mu) \sqrt{2} du_2 + \ldots = 0.$$

Für das Minimum muss bekanntlich der Factor jedes Differentials verschwinden, woraus man nach Elimination von λ und μ erhält

Für unendlich kleine ε setzen wir nun wieder

$$\varepsilon = dx, \quad k\varepsilon = x, \quad \gamma = e^{-h\varepsilon}, \quad \frac{u_1}{\varepsilon^{3/2}} = C \tag{43}$$

$$\log u_2 - \log u_1 = \log u_3 - \log u_2 = \ldots \text{oder } u_3 = \frac{u_2^2}{u_1}, \; u_4 = \frac{u_3^2}{u_2} \ldots,$$

worin man sogleich die Gleichungen 38) wieder erkennt. Dieselben bestimmen also in der That den kleinsten Werth, den E_1 annehmen kann. wenn die u alle möglichen mit den Gleichungen 40) und 41) vereinbaren Werthe annehmen. Da aber die u während des ganzen Vorganges in der That an die Gleichungen 40) und 41) gebunden sind, so ist dies der kleinste Werth, den E_1 während des ganzen Vorganges anzunehmen im Stande ist. Um denselben zu berechnen, setzen wir wieder

$$u_2 = u_1\gamma, \quad u_3 = u_1\gamma^2 \ldots$$

Wir wissen, dass wir dann aus den Gleichungen 38), 40) und 41) einen einzigen positiven Werth für γ finden, der also dem wirklichen Minimum von E_1 entsprechen muss. Dieser Minimalwerth von E_1 ist also

$$E = \frac{1}{\varepsilon} b \log\gamma + a \log\left(\frac{u_1}{\gamma\,\varepsilon^{3/2}}\right).$$

Einen kleineren Werth kann E_1 nicht annehmen. Und dieser Werth bleibt selbst für unendlich kleine ε und unendliche p endlich. Er geht nämlich mit Rücksicht auf die Gleichungen 43) über in

$$a \log C - bh,$$

oder weil $a = \tfrac{1}{2}\sqrt{\frac{\pi}{h^3}}\,C$, $b = \frac{3a}{2h}$ ist, so kann man hiefür schreiben

$$\tfrac{1}{2}\sqrt{\frac{\pi}{h^3}}\,C(\log C - \tfrac{3}{2}),$$

was, da die Constanten C und h nicht unendlich sind, eine endliche Grösse ist. Es kann also die mit E_1 bezeichnete Grösse nicht negativ unendlich werden, dagegen könnte E_1 positiv unendlich sein. Doch lässt sich leicht zeigen, dass dann unmöglich Wärmegleichgewicht herrschen kann. Dies, sowie eine ausführliche Discussion der Ausnahmsfälle, wo

$$\lim \frac{\varepsilon}{\tau}\left[f(\varepsilon, t+\tau)\log f(\varepsilon, t+\tau) + \sqrt{2} f(2\varepsilon, t+\tau)\log f(2\varepsilon, t+\tau) + \ldots\right.$$
$$\left. - f(\varepsilon, t)\log f(\varepsilon, t) - \sqrt{2} f(2\varepsilon, t)\log f(2\varepsilon, t) - \ldots\right]$$

ungleich ausfallen könnte, je nachdem $\frac{\varepsilon}{\tau}$ oder $\frac{\tau}{\varepsilon}$ verschwindet, würde mich jedoch hier zu weit führen.

und erhalten

$$w_k = C\sqrt{x}\, e^{-hx}\, dx;$$

also wieder die Maxwell'sche Zustandsvertheilung. Ebenso überzeugt man sich, dass die Summe, welche wir hier mit E bezeichnet haben, abgesehen von einem constanten Addenden, in das Integral der Formel 17 a) übergeht; wir erhalten also nach dieser Methode alle Resultate wieder, welche wir früher durch die Transformation der bestimmten Integrale gewannen, und sie hat den Vortheil, dass sie viel einfacher und durchsichtiger ist. Nur muss man sich dabei an die Abstraction, dass ein Molekül nur im Stande sei, eine endliche Anzahl lebendiger Kräfte anzunehmen, als Übergangsstadium gewöhnt haben.

Setzt man in den Gleichungen 35) die Differentialquotienten der u nach der Zeit gleich Null, so erhält man die Bedingungsgleichungen, dass die Zustandsvertheilung sich mit wachsender Zeit nicht ändert, also stationär ist. Man sieht sogleich, dass die Gleichungen 35) dann ausser der von uns gefundenen noch zahlreiche andere Lösungen haben, welche aber keine denkbaren stationären Zustandsvertheilungen darstellen, da dabei die Wahrscheinlichkeit gewisser lebendiger Kräfte nothwendig negativ oder imaginär ausfällt. Ganz analog verhält es sich natürlich auch, wenn, wie es in der Natur der Fall ist, jedes Molekül alle lebendigen Kräfte von Null bis ∞ annehmen kann. Die Bedingung, dass die Zustandsvertheilung stationär sei, erhält man dann, wenn man in der Gleichung 16) $\frac{\partial f(x,t)}{\partial t} = 0$ setzt. Dieselbe ist also

$$0 = \int_0^\infty \int_0^{x+x'} \left[\frac{f(\xi)\, f(x+x'-\xi)}{\sqrt{\xi}\,\sqrt{x+x'-\xi}} - \frac{f(x)\, f(x')}{\sqrt{xx'}}\right] \sqrt{xx'}\, \psi(x,x',\xi)\, dx'\, d\xi.$$

Eine Lösung dieser Gleichung ist $f(x) = C\sqrt{x}\, e^{-hx}$; also die Maxwell'sche Zustandsvertheilung. Aus dem vorher Gesagten aber folgt, dass dieselbe noch unendlich viele andere Lösungen hat, welche aber nicht brauchbar sind, da dabei $f(x)$ immer für gewisse x negativ oder imaginär ausfällt. Daraus

folgt am klarsten, dass Maxwell's Versuche, a priori zu beweisen, dass seine Lösung die einzige sei, fehlschlagen mussten. Sie ist nicht die einzige, sondern es kann nun bewiesen werden, dass sie allein lauter positive Wahrscheinlichkeiten liefert, dass sie also allein brauchbar ist.

III. Diffusion, Reibung und Wärmeleitung der Gase.

Hier sollen nur noch wenige Bemerkungen Platz finden, die sich auf den Fall beziehen, dass die Zustandsvertheilung zwar nicht ganz regellos, aber doch auch nicht das ist, was wir gleichförmig genannt haben, und dass auch nicht alle Geschwindigkeitsrichtungen gleichmässig vertreten sind, was bei innerer Reibung und Wärmeleitung stattfindet. Dann sei

$$f(\xi, \eta, \zeta, x, y, z, t)\, d\xi\, d\eta\, d\zeta$$

an der Stelle im Gase, deren Coordinaten x, y, z sind, die auf die Volumeinheit entfallende Anzahl der Moleküle, für welche die Componente der Geschwindigkeit in der Richtung der x-Axe zwischen ξ und $\xi+d\xi$, die in der Richtung der y-Axe zwischen η und $\eta+d\eta$, die in der Richtung der z-Axe zwischen ζ und $\zeta+d\zeta$ liegt. Ein Zusammenstoss ist durch die Geschwindigkeitscomponenten ξ, η, ζ und ξ_1, η_1, ζ_1 der beiden stossenden Moleküle vor demselben, sowie durch die Grössen b und φ bestimmt. (Letztere beide Grössen, sowie die später vorkommenden V, k, A_2, X etc. sollen dieselbe Bedeutung wie in Maxwell's Abhandl. Phil. mag. 4. ser. vol. 35 haben.) Functionen dieser acht Variabeln sind die Geschwindigkeitscomponenten ξ', η', ζ' und ξ_1', η_1', ζ_1' nach dem Stosse. Schreiben wir der Kürze halber $d\omega_1$ für $d\xi_1 d\eta_1 d\zeta_1$, und bezeichnen mit f den Werth der Function $f(\xi, \eta, \zeta, x, y, z, t)$, mit f_1, f' und f_1' die Werthe dieser Function, wenn man darin für $\xi \eta \zeta$, respective $\xi_1 \eta_1 \zeta_1$, $\xi' \eta' \zeta'$ oder $\xi_1' \eta_1' \zeta_1'$ setzt; dann muss die Function f der Differentialgleichung

$$\frac{\partial f}{\partial t} + \xi \frac{\partial f}{\partial x} + \eta \frac{\partial f}{\partial y} + \zeta \frac{\partial f}{\partial z} + X \frac{\partial f}{\partial \xi} + Y \frac{\partial f}{\partial \eta} + Z \frac{\partial f}{\partial \zeta} + \qquad 44)$$

$$+ \int d\omega_1 \int b\,db \int d\varphi\, V (f f_1 - f' f_1') = 0$$

genügen, wie man leicht sieht, wenn man ein Volumelement sich mit den Geschwindigkeiten ξ, η, ζ fortbewegt denkt und erwägt, wie sich in demselben die Zustandsvertheilung durch die Zusammenstösse verändert. Ist das Gas von fixen Wänden umgeben, so folgt aus der Gleichung 44) wieder, dass E durch die Molecularbewegung nur abnehmen kann, wenn man setzt

$$E = \int\int\int\int\int\int f \log f dx\, dy\, dz\, d\xi\, d\eta\, d\zeta,$$

welcher Ausdruck der Entropie des Gases proportional ist. Um für den Fall anderer Grenzbedingungen nur ein Beispiel zu geben, sei die Abstossung zweier Moleküle der 5. Potenz ihrer Entfernung verkehrt proportional. X, Y, Z sollen im Folgenden immer verschwinden. Wir wollen setzen

$$f = A(1 + 2hay\xi + c\xi\eta)e^{-h(\xi^2+\eta^2+\zeta^2)}, \qquad 45)$$

wobei die beiden Constanten a und c sehr klein sein sollen. Substituiren wir diesen Werth in die Gleichuug 44), vernachlässigen die Quadrate und Producte von a und c und führen die Integrationen nach b und φ genau so durch, wie es Maxwell in der citirten Abhandlung (Seite 141—144) lehrt, so finden wir, dass die Gleichung 44) erfüllt ist, wenn $c = -\frac{2ha}{3A_2 k\rho}$ gemacht wird. Die Formel 45) gibt also eine mögliche Zustandsvertheilung, und zwar diejenige, wobei sich jede der xz-Ebene parallele Schicht in der Richtung der x-Axe mit der Geschwindigkeit ay bewegt, wenn y die y-Coordinate der betreffenden Schicht ist, also den einfachsten Fall innerer Reibung. Die Reibungsconstante ist das in der Zeiteinheit durch die Flächeneinheit hindurchgehende durch $-a$ dividirte Bewegungsmoment, also

$$-\frac{\rho\overline{\xi\eta}}{a} = -\frac{\rho}{a}\frac{\int\int\int \xi\eta f d\xi\, d\eta\, d\zeta}{\int\int\int f d\xi\, d\eta\, d\zeta} = \frac{1}{6A_2 kh} = \frac{p}{3A_2 k\rho};$$

genau, wie sie schon Maxwell gefunden hat. Die Bezeichnungen sind durchaus die von Maxwell gebrauchten. Ein allgemeinerer Ausdruck ist folgender:

$$f = A\left[1 - \frac{2ht}{3}\left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z}\right)(\xi^2+\eta^2+\zeta^2) + 2h(u\xi+v\eta+w\zeta) + \right.$$
$$\left. + \alpha\xi^2 + \beta\eta^2 + \gamma\zeta^2 + \alpha'\eta\zeta + \beta'\xi\zeta + \gamma'\xi\eta\right] e^{-h(\xi^2+\eta^2+\zeta^2)}. \qquad 46)$$

Derselbe genügt ebenfalls der Gleichung 44), wenn u, v, w lineare Functionen von x, y, z sind, und

$$\alpha = -\frac{2h}{3A_2 k\rho}\frac{\partial u}{\partial x}, \quad \alpha' = -\frac{2h}{3A_2 k\rho}\left(\frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y}\right)$$

gesetzt wird. Analoge Werthe haben β, γ, β' und γ'. Der Ausdruck 46) stellt eine beliebige Bewegung des Gases dar, bei der die Geschwindigkeitscomponenten u, v, w im Punkte mit den Coordinaten x, y, z lineare Functionen dieser Coordinaten sind. Wenn nicht

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0$$

ist, so ändert sich die Dichte und Temperatur mit der Zeit. Letztere wie bei einem Gase, dem man keine Wärme zuführt. Berechnet man mittelst des Ausdruckes 46)

$$\overline{\xi^2},\ \overline{\eta^2},\ \overline{\xi\eta},\ldots,$$

so erhält man wieder die schon von Maxwell gefundenen Werthe. Wäre $\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}$ von Null verschieden, so erhielte man in die Gleichung 44) noch ein Glied, das sich nicht tilgen würde, nämlich

$$\frac{\partial \alpha}{\partial x}\cdot\xi^3 e^{-h(\xi^2+\eta^2+\zeta^2)},$$

als dessen durchschnittlichen Werth wir etwa

$$-\frac{\partial\alpha}{\partial x}\left(\overline{\xi^2}\right)^{3/2} e^{-h(\xi^2+\eta^2+\zeta^2)} = \frac{2h}{3A_2 k\rho}\sqrt{\frac{p^3}{\rho^3}}\, e^{-h(\xi^2+\eta^2+\zeta^2)}\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}$$
$$= \frac{\mu}{\rho}\sqrt{\frac{\rho}{p}}\cdot\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}\cdot e^{-h(\xi^2+\eta^2+\zeta^2)} \qquad 47)$$

annehmen können. Man sieht leicht, dass dieser Werth gegen jedes der übrigen Glieder, aus denen die Gleichung 44) besteht, wenn man darin den Werth von f aus Gleichung 46) substituirt, verschwindet, dass also die Gleichung 44) noch nahe erfüllt ist, man somit bei Berechnung der Zustandsvertheilung die Grössen u, v, w nach dem Taylor'schen Satze entwickeln und bei den ersten Potenzen von x, y, z stehen bleiben kann. Das erste Glied der Gleichung 44) nach Substitution des Werthes f aus Gleichung 46) wäre z. B.

$$-\frac{2h}{3}\xi^2\frac{\partial u}{\partial x}e^{-h(\xi^2+\eta^2+\zeta^2)}.$$

Sein mittlerer Werth also

$$1/3\,\frac{\partial u}{\partial x}e^{-h(\xi^2+\eta^2+\zeta^2)}.$$

Berechnet man den Quotienten dieser Grösse in die Grösse 47) für Luft bei 0° C. und dem Normalbarometerstande numerisch, so findet man denselben etwa $= 0{\cdot}00009\,\text{Millim.}\times\frac{\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}}{\frac{\partial u}{\partial x}}$. Derselbe ist also selbst dann noch verschwindend klein, wenn $\frac{\frac{\partial u}{\partial x}}{\frac{\partial^2 u}{\partial x^2}}$ etwa 1 Millim. ist, wenn also die Werthe von $\frac{\partial u}{\partial x}$, die um 1 Millim. von einander abstehen, durchschnittlich sich wie 1 : 2 verhalten. Erst wenn dies schon für Werthe von $\frac{\partial u}{\partial x}$ der Fall ist, deren Abstände nicht mehr gross gegen die mittlere Weglänge sind, würde dieser Quotient erheblich. Auch der Werth

$$f = A[1+ax+by+cz-(a\xi+b\eta+c\zeta)t]\,e^{-h(\xi^2+\eta^2+\zeta^2)}$$

befriedigt die Gleichung 44). Für ein Gemenge zweier Gasarten wollen wir die auf die zweite bezüglichen Grössen durch einen unten angefügten Stern bezeichnen, p und p_* seien die Partialdrücke, m und m_* die Massen eines Moleküls für beide Gasarten. Dann tritt an die Stelle der Gleichung 44) folgende:

$$\frac{\partial f}{\partial t}+\xi\frac{\partial f}{\partial x}+\eta\frac{\partial f}{\partial y}+\zeta\frac{\partial f}{\partial z}+\int d\omega_1\int b\,db\int d\varphi\,V(ff_1-f'f_1') \tag{44*}$$
$$+\int d\omega_*\int b\,db\int d\varphi\,V(ff_*-f'f_*')=0$$

und eine analoge Gleichung für die zweite Gasart. Dem einfachsten Falle der Diffusion entspricht das Integral

$$f=\sqrt{\frac{m^3h^3}{\pi^3}}\,N\,(1+2hmu\xi)\,e^{-hm(\xi^2+\eta^2+\zeta^2)};$$
$$f_*=\sqrt{\frac{m_*^3h^3}{\pi^3}}\,N_*(1+2hm_*u_*\xi)\,e^{-hm_*(\xi^2+\eta^2+\zeta^2)}, \tag{46*}$$

wobei N und N_* Functionen von x, Nu und N_*u_* aber constant sein sollen. Keine Grösse soll Function der Zeit sein. Die Gleichung 44*) ist befriedigt, wenn

$$\frac{dN}{dx}+NN_*2hmm_*(u-u_*)A_1k=0$$

ist. Eine analoge Gleichung muss für N_* gelten. Es muss also sein: $N+N_*=\text{const}=$ der Anzahl der Moleküle beider Gase in der Volumeinheit; daraus folgt: $Nu=-N_*u_*=$ der Anzahl der Moleküle einer Gasart, die in der Zeiteinheit durch den Querschnitt 1 gehen. Die Diffusionsconstante ist

$$-\frac{Nu}{\frac{dN}{dx}}=\frac{1}{(N+N_*)2hmm_*A_1k}=\frac{pp_*}{A_1k\rho\rho_*(p+p_*)},$$

weil

$$2h=\frac{N+N_*}{p+p_*}=\frac{N}{p}=\frac{N_*}{p_*}$$

ist.

Will man die Bewegungsgleichungen erhalten, so multiplicire man die Gleichung 44) oder 44*) mit $m\xi d\omega$ (wobei $d\omega=d\xi\,d\eta\,d\zeta$), und integrire über alle ξ, η, ζ. Die vier ersten Glieder dieser Gleichungen verwandeln sich dann in

$$\frac{\partial(\rho u)}{\partial t}+\frac{\partial(\rho\overline{\xi^2})}{\partial x}+\frac{\partial(\rho\overline{\xi\eta})}{\partial y}+\frac{\partial(\rho\overline{\xi\zeta})}{\partial z},$$

oder weil

$$\frac{\partial \rho}{\partial t}+\frac{\partial(\rho u)}{\partial x}+\frac{\partial(\rho v)}{\partial y}+\frac{\partial(\rho w)}{\partial z}=0$$

in

$$\rho\left(\frac{\partial u}{\partial t}+u\frac{\partial u}{\partial x}+v\frac{\partial u}{\partial y}+w\frac{\partial u}{\partial z}\right)+\frac{\partial(\rho\overline{\xi'^2})}{\partial x}+\frac{\partial(\rho\overline{\xi'\eta'})}{\partial y}+\frac{\partial(\rho\overline{\xi'\zeta'})}{\partial z},$$

wobei

$$\xi=\xi'+u,\ \eta=\eta'+v,\ \zeta=\zeta'+w$$

gesetzt wurde. Die übrigen Glieder aber liefern negativ genommen das durch die Stösse den Molekülen zugeführte Bewegungsmoment, das natürlich verschwindet, wenn kein zweites Gas beigemischt ist. Das zugeführte Bewegungsmoment mehr der Resultirenden aller Druckkräfte

$$\left(-\frac{\partial(\rho\overline{\xi'^2})}{\partial x}-\frac{\partial(\rho\overline{\xi'\eta'})}{\partial y}-\frac{\partial(\rho\overline{\xi'\zeta'})}{\partial z}\right)$$

ist also gleich der mit der Dichte multiplicirten Beschleunigung

$$\rho\left(\frac{\partial u}{\partial t}+u\frac{\partial u}{\partial x}+v\frac{\partial u}{\partial y}+w\frac{\partial u}{\partial z}\right).$$

Die letzteren Gleichungen gelten natürlich für jedes beliebige Wirkungsgesetz. Dagegen haben die Ausdrücke 45), 46) und 46*) nur dann Giltigkeit, wenn die Abstossung zweier Moleküle der fünften Potenz ihrer Entfernung verkehrt proportional ist. Für jedes andere Wirkungsgesetz, z. B. wenn die Gasmoleküle wie elastische Kugeln an einander abprallen, befriedigen die Ausdrücke 45), 46) und 46*) die Gleichungen 44) und 44*) nicht, für alle anderen Wirkungsgesetze ist also bei Diffusion, Reibung etc. die Geschwindigkeitsvertheilung durch kein so einfaches Gesetz gegeben. Für den Fall der Diffusion müsste dann f etwa in folgender Form dargestellt werden:

$$A\left[1+a\xi+b\xi^3+c(\eta^2+\zeta^2)\xi+d\xi^5\ldots\right]e^{-h(\xi^2+\eta^2+\zeta^2)}, \qquad 47^*)$$

und ich sehe kein anderes Mittel zur Auflösung der Gleichung 44*), als die successive Bestimmung der Coëfficienten

$a, b, c \ldots$ Für alle anderen Wirkungsgesetze ist also die Geschwindigkeitsvertheilung eines diffundirenden Gases nicht dieselbe, als ob es sich allein im Raume mit seiner Diffusionsgeschwindigkeit u fortbewegte. Es rührt dies daher, dass die Moleküle mit verschiedenen Geschwindigkeiten auch verschiedene Diffusionsgeschwindigkeit haben, wodurch die Geschwindigkeitsvertheilung fortwährend gestört wird. Da die Glieder des Ausdruckes 47*) mit ξ^3, $\xi\eta^2, \ldots$ in die Diffusionsconstante im Allgemeinen Glieder von derselben Ordnung liefern, wie die mit ξ, so kann die Diffusionsconstante nicht numerisch exact erhalten werden, wenn man erstere bei Berechnung des mitgetheilten Bewegungsmomentes vernachlässigt. Doch dürfte der hiedurch herbeigeführte Fehler kaum sehr gross sein. Ähnliches gilt natürlich von der Reibung und Wärmeleitung. Ja es wird nicht nur der Werth, sondern auch die Constanz der Diffusions-, Reibungsconstante etc. bei anderen als dem Maxwell'schen Wirkungsgesetze fraglich.

Dem Falle der Wärmeleitung in der Richtung der x-Axe entspricht unter Voraussetzung des Maxwell'schen Wirkungsgesetzes folgender Werth von f:

$$f = A[1 + ax(\xi^2+\eta^2+\zeta^2) + bx + c\xi + g\xi(\xi^2+\eta^2+\zeta^2)]e^{-h(\xi^2+\eta^2+\zeta^2)},$$

woraus folgt

$$\xi\frac{\partial f}{\partial x} + \eta\frac{\partial f}{\partial y} + \zeta\frac{\partial f}{\partial z} = \xi A e^{-h(\xi^2+\eta^2+\zeta^2)}[a(\xi^2+\eta^2+\zeta^2)+b].$$

Das letzte Glied der Gleichung 44) aber reducirt sich, wenn man darin den obigen Werth für f substituirt, und alle Integrationen nach Maxwell's Vorschrift ausführt, auf

$$2gA_2kMN\xi\left(\xi^2+\eta^2+\zeta^2-\frac{5}{2h}\right)Ae^{-h(\xi^2+\eta^2+\zeta^2)}.$$

Damit also die Gleichung 44) erfüllt sei, muss

$$a = -2gA_2kMN, \quad b = 5gA_2kMN.\frac{1}{h} = -\frac{5a}{2h}$$

sein. Die in der Zeiteinheit durch die Flächeneinheit gehende Masse ist

$$\rho\overline{\xi}=\rho\left(\frac{c}{2h}+\frac{5g}{4h^2}\right).$$

Soll die Wärmeleitung mit keiner Massenbewegung verbunden sein, so muss also

$$c=-\frac{5g}{2h}\,.$$

sein. Bezeichnen wir mit T die absolute Temperatur, mit B aber eine Constante, so ist

$$T=\frac{M}{2}(\overline{\xi^2}+\overline{\eta^2}+\overline{\zeta^2}).B=\frac{3MB}{4h}\left(1+\frac{ax}{h}\right),$$

daher mit Vernachlässigung von unendlich kleinem

$$\frac{dT}{dx}=\frac{a}{h}T.$$

Die in der Zeiteinheit durch die Flächeneinheit gehende lebendige Kraft ist

$$L=\frac{\rho}{2}(\overline{\xi^3}+\overline{\xi\eta^2}+\overline{\xi\zeta^2}).$$

Die Mittelwerthe können ohne Schwierigkeit mittelst des angenommenen Werthes von f berechnet werden. Man erhält, wenn man alle dabei vorkommenden Integrale von der Form

$$\iiint \xi^2(\xi^2+\eta^2+\zeta^2)^n e^{-h(\xi^2+\eta^2+\zeta^2)}\,d\xi\,d\eta\,d\zeta$$

ausrechnet, was am besten durch Differentiation von $N\overline{\xi^2}$ nach h geschieht:

$$L=\frac{5}{8}\frac{\rho g}{h^3}=\frac{5MNg}{8h^3}.$$

Die Wärmeleitungsconstante ist

$$C=-\frac{L}{\frac{dT}{dx}}=-\frac{5MNg}{8h^3}\cdot\frac{h}{aT}=\frac{5}{16h^2TA_2k_1}.$$

Beachtet man, dass

$$\frac{p}{\rho} = \overline{\xi^2} = \frac{1}{2h}$$

ist, so ergibt sich endlich

$$C = \frac{5p^2}{4\rho^2 T A_2 k_1}.$$

Da ich die Gasmoleküle dabei als einfache materielle Punkte betrachtete, so ist bei mir die Maxwell'sche Grösse $\beta = 1$, das Verhältniss der Wärmecapacitäten $\gamma = 1^2/_3$. Wird daher die specifische Wärme (der Gewichtseinheit des Gases) bei constantem Volumen in gewöhnlichen Wärmeeinheiten gemessen mit w, das mechanische Wärmeäquivalent mit $\frac{1}{J}$ bezeichnet, so ist nach einer bekannten Formel

$$(\gamma - 1)w = \frac{2}{3} w = \frac{pJ}{\rho T}.$$

Die Wärmeleitungsconstante in gewöhnlichen Wärmeeinheiten gemessen ist also

$$C' = JC = \frac{5wp}{6kA_2\rho} = \frac{5}{2} w\mu,$$

wobei μ der Reibungscoëfficient ist. Dieser Werth der Wärmeleitungsconstante ist $^3/_2$mal so gross, als der von Maxwell gefundene, was in einem Versehen Maxwell's bei Ableitung seiner Gleichung 43) aus 39) seinen Grund hat. Die Gasmoleküle sind dabei von mir als einfache materielle Punkte vorausgesetzt, weil sich unter dieser Annahme allein die Rechnungen exact durchführen lassen. In der Natur ist diese Annahme freilich nicht erfüllt, und würden daher die obigen Formeln bei ihrer Anwendung auf Experimente noch einer Modification bedürfen. Zieht man die intramoleculare Bewegung nach der Art Maxwell's in Rechnung, so würde man erhalten

$$C = \frac{5\beta p^2}{4\rho^2 T A_2 k}, \quad C = \frac{5}{2} w\mu.$$

Doch scheint mir dies sehr willkürlich zu sein, und man könnte leicht, wenn man die intramoleculare Bewegung in anderer Weise in Rechnung zieht, erheblich andere Werthe für die Wärmeleitungsconstante erhalten. Aus diesem Grunde scheint mir eine numerisch exacte Berechnung derselben aus der Theorie, so lange man nicht mehr über die intramoleculare Bewegung weiss, unmöglich zu sein, und seit daher die Wärmeleitungsconstante, deren Grössenwerth man früher kaum für bestimmbar hielt, durch Stefan in so genauer Weise experimentell bestimmt wurde, scheint mir ihre experimentelle Bestimmung die theoretische an Genauigkeit weit zu übertreffen.

Wie sich die Sache gestaltet, wenn die Function f keine lineare Function von x ist, oder wenn gleichzeitig Wärmeleitung in anderen Richtungen oder Bewegungen stattfinden, wird kaum einer weiteren Erläuterung bedürfen.

IV. Betrachtung mehratomiger Gasmoleküle.

Wir haben bis jetzt vorausgesetzt, dass jedes Molekül ein einzelner materieller Punkt sei. Dies ist bei den in der Natur vorkommenden Gasen sicher nicht der Fall. Wir werden der Wahrheit offenbar weit näher kommen, wenn wir voraussetzen, dass jedes Molekül aus mehreren materiellen Punkten (Atomen) besteht. Das Verhalten solcher mehratomiger Gasmoleküle soll im gegenwärtigen Abschnitte der Betrachtung unterzogen werden. Ich bemerke, dass die früher eingeführten Bedeutungen der Buchstaben in diesem Abschnitte nicht mehr gelten.

Die Anzahl der materiellen Punkte, also der Atome eines Moleküls, sei r. Dieselben mögen durch ganz beliebige Kräfte zusammengehalten werden, von denen wir blos voraussetzen, dass die zwischen je zwei Atomen wirksame Kraft eine Function des Abstandes der beiden Atome sei, und ihre Richtung in die Verbindungslinie derselben fällt, und dass sie so beschaffen sind, dass sich die Atome eines und desselben Moleküls niemals ganz von einander trennen können. Ich will diese Kräfte als die inneren Kräfte des Moleküls bezeichnen. Während der weitaus grössten Zeit der Bewegung eines Moleküls sollen auf die Atome desselben blos diese inneren Kräfte wirken. Nur wenn

das Molekül einem anderen zufällig sehr nahe kommt, sollen auch die Atome jenes andern auf die Atome dieses Moleküls wirken und vice versa. Ich nenne diesen Vorgang, während dessen beide Moleküle so nahe sind, dass sie auf einander eine bemerkbare Wirkung ausüben, einen Zusammenstoss, und die Kräfte, welche dabei die Atome des einen Moleküls auf die des andern und umgekehrt ausüben, sollen die Kräfte des Zusammenstosses heissen. Von ihnen setze ich wieder blos voraus, dass sie Functionen der Entfernung sind, und längs der Verbindungslinie wirken, sowie dass sie so beschaffen sind, dass sich die Atome der beiden Moleküle nicht austauschen, sondern dass nach dem Stosse jedes Molekül wieder aus denselben Atomen besteht, wie vor demselben. Um den Moment des Beginnes eines Zusammenstosses scharf definiren zu können, will ich voraussetzen, die Wechselwirkung zweier Moleküle beginne jedesmal, wenn die Distanz der Schwerpunkte beider Moleküle gleich einer gewissen Grösse l wird. Diese Distanz wird dann kleiner als l, wächst dann wieder, und wenn sie wieder gleich l geworden ist, so hört die Wechselwirkung, also der Zusammenstoss wieder auf. Der Moment des Beginns des Zusammenstosses ist freilich in der Natur wahrscheinlich nicht so scharf markirt. Unsere Schlüsse würden nicht alterirt, wenn ich denselben so charakterisiren würde, wie ich es in der Abhandlung „Über d. Wärmegleichgewicht zw. mehratom. Gasmol." S. 11 that. Ich will jedoch hier der Einfachheit halber die oben ausgesprochene Voraussetzung beibehalten, welche übrigens jener andern an Allgemeinheit nicht einmal nachsteht, da wir ja blos angenommen haben, dass, so lange die Distanz der Schwerpunkte $> l$ ist, keine Wechselwirkung stattfindet. Ist dieselbe $= l$ geworden, so kann in manchen Fällen anfangs die Wechselwirkung noch immer gleich Null sein und erst später beginnen. Um den Zustand eines Moleküls zu einer gewissen Zeit t zu definiren, denken wir uns ein für alle Mal drei auf einander senkrechte Richtungen fix im Raume angenommen. Wir ziehen durch den Punkt, an dem sich der Schwerpunkt unseres Moleküls zur Zeit t befindet, drei rechtwinklige Coordinatenaxen parallel jenen drei Richtungen, und bezeichnen die Coordinaten der materiellen Punkte unseres Moleküls bezüglich jener Axen

zur Zeit t mit $\xi_1, \eta_1, \zeta_1, \xi_2 \ldots \zeta_r$. Ferner sei c_1 die Geschwindigkeit des ersten Atoms, u_1, v_1, w_1 ihre Componenten in den Richtungen der Coordinatenaxen; dieselben Grössen seien für das zweite Atom c_2, u_2, v_2, w_2; für das dritte c_3, u_3, v_3, w_3 u. s. w. Dann ist der Zustand unseres Moleküls zur Zeit t vollständig bestimmt, wenn wir die Werthe der $6r—3$ Grössen

$$\xi_1, \eta_1, \zeta_1, \xi_2 \ldots \xi_{r-1}, \eta_{r-1}, \zeta_{r-1}, u_1, v_1, w_1, u_2 \ldots w_r \qquad \text{A)}$$

zur Zeit t kennen. ξ_r, η_r, ζ_r sind Functionen der übrigen ξ, η, ζ, weil der Schwerpunkt Coordinatenanfangspunkt ist. Die Coordinaten des Schwerpunktes unseres Moleküls bezüglich der fixen Coordinatenaxen bestimmen nicht den Zustand, sondern blos die Lage unseres Moleküls. Wenn nun unser Molekül nicht gerade mit einem andern im Zusammenstosse begriffen ist, so sind zwischen den Atomen desselben blos die inneren Kräfte thätig. Wir können also, wenn dieselben gegeben sind, zwischen der Zeit und den $6r—3$ Grössen A) eben so viele Differentialgleichungen aufstellen, welche wir die Bewegungsgleichungen des Moleküls nennen wollen. Dieselben werden $6r—3$ Integrale haben, durch welche die Werthe der Variabeln A) als Functionen der Zeit und der Werthe dieser Grössen zu Anfang der Zeit ausgedrückt werden können. Eliminiren wir aus denselben die Zeit, so bleiben noch $6r—4$ Gleichungen mit eben so viel willkürlichen Integrationsconstanten übrig. Dieselben seien

$$\varphi_1 = a_1, \; \varphi_2 = a_2, \ldots \varphi_\rho = a_\rho,$$

wobei die a die Integrationsconstanten, die φ aber Functionen der Variabeln A) sind. ρ ist gleich $6r—4$. Aus diesen Gleichungen können daher alle Variabeln A) bis auf eine als Functionen dieser einen und der $6r—4$ Integrationsconstanten ausgedrückt werden. Ich will diese eine Variable ein für allemal mit x bezeichnen; sie kann sowohl eine der ξ, η, ζ, als auch der u, v, w sein. So lange das Molekül nicht mit einem andern zusammenstösst, erfüllen die Variabeln A) die Bewegungsgleichungen des Moleküls, bleiben daher die a constant und die Werthe jeder der Variabeln A) hängen blos von dem Werthe von x ab. Ich will daher $a_1, a_2, \ldots a_\rho$ als die die Bewegungs-

art des Moleküls bestimmenden Constanten, x aber als die die Bewegungsphase bestimmende Variable bezeichnen. So lange also das Molekül nicht mit anderen zusammenstösst, ändert sich blos die die Phase bestimmende Variable x. Wenn dagegen das Molekül mit einem andern zusammenstösst, so ändern auch die mit a bezeichneten Grössen ihre Werthe; dann ändert sich auch die Bewegungsart des Moleküls. Wir wollen nun annehmen, wir hätten wieder einen Raum $\mathfrak{R}$, in welchem sich sehr viele Moleküle befinden. Alle diese Moleküle seien gleichartig, d. h. alle bestehen aus gleichviel materiellen Punkten und die zwischen ihnen wirksamen Kräfte seien für alle identische Functionen ihrer relativen Lage. Beschreiben wir im Raume $\mathfrak{R}$ irgendwo einen kleineren, aber doch gegen die Distanz zweier Moleküle grossen Raum vom Volumen R, so mögen sich in demselben, wo er sich immer befinden mag, RN Moleküle befinden, von denen

$$Rf(t, a_1, a_2 \ldots a_\rho)\, da_1 da_2 \ldots da_\rho$$

zu einer gewissen Zeit t so beschaffen sein sollen, dass für dieselben

$$\begin{aligned} &\varphi_1 \text{ zwischen } a_1 \text{ und } a_1 + da_1, \\ &\varphi_2 \text{ zwischen } a_2 \text{ und } a_2 + da_2 \ldots \end{aligned} \qquad \text{B)}$$

liegt. Die Constanten a bestimmen die Bewegungsart eines Moleküls; ist demnach die Function f gegeben, so ist damit bestimmt, wie viele Moleküle von jeder der verschiedenen Bewegungsarten sich zur Zeit t im Raume R befinden. Wir sagen daher, die Function f bestimmt die Vertheilung der verschiedenen Bewegungsarten zur Zeit t unter den Molekülen. Ich nehme wieder an, dieselbe sei schon zu Anfang, daher auch für alle folgenden Zeiten eine gleichförmige, d. h. die Function f sei unabhängig von der Lage des Raumes R, sobald derselbe nur sehr gross gegen die durchschnittliche Distanz zweier Nachbarmoleküle ist. Ich sage Kürze halber immer, ein Molekül befindet sich in einem Raume, wenn sich der Schwerpunkt desselben in jenem Raume befindet. Wir nehmen nun an, der Werth der Function f für $t =$ Null, also $f(o, a_1, a_2 \ldots)$ sei gegeben; es

soll daraus der Werth der Function f für irgend eine andere Zeit berechnet werden. Die Constanten a ändern ihre Werthe blos in Folge der Zusammenstösse; es kann sich daher auch die Function f blos in Folge der Zusammenstösse verändern, und unsere Aufgabe ist zunächst, die Gleichungen aufzustellen, durch welche die Veränderung der Function f bestimmt ist. Wir müssen da wieder berechnen, wie viele Zusammenstösse während einer gewissen Zeit Δt so geschehen, dass vor denselben die Grössen a für eines der zusammenstossenden Moleküle zwischen den Grenzen B) liegen, ferner, wie viele so, dass nach denselben die Grössen a für eines der Moleküle zwischen den Grenzen B) liegen. Addiren wir die erstere Zahl zu $f(t, a_1\, a_2 \ldots)$ $da_1 da_2 \ldots$ und subtrahiren die letztere davon, so erhalten wir die Zahl der Moleküle, für welche nach der Zeit Δt die Grössen a zwischen den Grenzen B) liegen, also die Grösse $f(t+\Delta t, a_1, a_2 \ldots) da_1 da_2 \ldots$.

Betrachten wir nun irgend einen Zusammenstoss zweier Moleküle; für das erste der stossenden Moleküle mögen die Constanten a vor dem Stosse zwischen den Grenzen B) liegen. Für das zweite mag

$$\begin{aligned} \varphi_1 &\text{ zwischen } a'_1 \text{ und } a'_1+da'_1, \\ \varphi_2 &\text{ zwischen } a'_2 \text{ und } a'_2+da'_2 \text{ u. s. f.} \end{aligned} \qquad \text{C)}$$

liegen. Dadurch ist der Zusammenstoss noch keineswegs vollständig bestimmt; es muss auch noch die Phase der beiden zusammenstossenden Moleküle, sowie ihre relative Lage im Momente des Beginnes des Zusammenstosses gegeben sein. Sei die Phase des ersten Moleküls dadurch gegeben, dass für dasselbe

$$x \text{ zwischen } x \text{ und } x+dx \qquad \text{D)}$$

liegt, während für das zweite der zusammenstossenden Moleküle

$$x \text{ zwischen } x' \text{ und } x'+dx' \qquad \text{E)}$$

liege. Um die relative Lage beider Moleküle im Momente des Beginnes des Zusammenstosses zu bestimmen, bezeichnen wir den Winkel zwischen der Verbindungslinie der Schwerpunkte

derselben und der x-Axe mit ϑ, den zwischen der xy-Ebene und einer parallel jener Verbindungslinie durch die x-Axe gelegten Ebene mit ω und es mag im Momente des Beginnes des Zusammenstosses

$$\begin{array}{c}\vartheta \text{ zwischen } \vartheta \text{ und } \vartheta + d\vartheta, \\ \omega \text{ zwischen } \omega \text{ und } \omega + d\omega\end{array} \tag{F}$$

liegen. Alle Zusammenstösse, welche so geschehen, dass dabei die Bedingungen B), C), D), E) und F) erfüllt sind, will ich als Zusammenstösse von der Gattung G) bezeichnen. Es fragt sich jetzt zunächst, wie viele Zusammenstösse von der Gattung G) geschehen in der Volumeinheit während einer gewissen Zeit Δt? Wir wollen da die Annahme machen, die innere Bewegung der Moleküle sei sehr rasch, die Stösse dagegen geschehen so selten, dass ein Molekül von einem Zusammenstosse bis zum nächsten oftmal alle möglichen Bewegungsphasen durchläuft. Wir können dann Δt so gross wählen, dass während Δt jedes Molekül öfter alle möglichen Bewegungsphasen durchläuft, aber doch wieder so klein, dass während Δt nur wenige Zusammenstösse stattfinden, dass sich also f nur sehr wenig verändert. Betrachten wir irgend eines der Moleküle, deren Bewegungsart zwischen den Grenzen B) liegt; wir wollen es kurz das Molekül B) nennen. Wir nahmen an, dass es während der Zeit Δt alle möglichen Phasen oftmals durchläuft; daraus lässt sich beweisen, dass sich die Summe aller jener Zeitmomente, während welcher es im Verlaufe der Zeit Δt die Phase D) hat, zur ganzen Zeit Δt, wie $s dx$ zu $\int s dx$ verhält, dass also die Summe aller dieser Zeitmomente

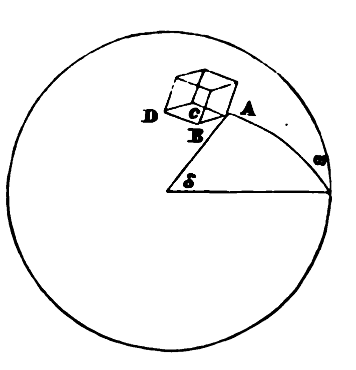
$$\tau = \Delta t \frac{s dx}{\int s dx} \tag{48}$$

ist, wobei s durch folgende Gleichung gegeben ist:

$$\frac{1}{s} = \Sigma \pm \frac{\partial a_1}{\partial \xi_1} \cdot \frac{\partial a_2}{\partial \eta_1} \cdot \cdot \frac{\partial a_?}{\partial w_r} .$$

Die Integration ist über alle möglichen x, also über alle möglichen Phasen zu erstrecken. Das Product sdx ist immer mit positiven Zeichen zu nehmen.

In der Functionaldeterminante kommen die Differentialquotienten, nach allen Variabeln $\xi_1, \eta_1 \ldots \zeta_{r-1}, u_1, v_1, \ldots w_r$ bis auf x vor; sie kann also als Function von x und den Integrationsconstanten a ausgedrückt werden. Der eben ausgesprochene Satz lässt sich ganz ähnlich wie Jacobi's Princip des letzten Multiplicators beweisen; da ich jedoch den Beweis bereits in der Abhandlung: „Einige allgemeine Sätze über Wärmegleichgewicht" (Sitzungsb. Bd. 63) geführt habe (siehe daselbst die Anmerkung auf S. 15), so will ich ihn hier nicht noch einmal wiederholen. Ich habe daselbst gezeigt, dass sich die Sache nicht verändert, wenn zur Bestimmung der Phase eine Variable nicht ausreicht. Die Summe aller Wege, welche während der ganzen oben mit τ bezeichneten Zeit der Schwerpunkt des Moleküls B) relativ gegen den Schwerpunkt eines Moleküls von der Beschaffenheit C) zurücklegt, ist gleich $\gamma\tau$, wobei γ die relative Geschwindigkeit der Schwerpunkte beider Moleküle ist. Beschreiben wir nun um den Schwerpunkt des Moleküls B) eine Kugel vom Radius l, so bildet der Inbegriff aller Punkte dieser Kugel, für welche die Winkel ϑ und ω zwischen den Grenzen F liegen, ein unendlich kleines Rechteck $ABCD$ (siehe nebenstehende Figur) vom Flächeninhalte $l^2 \sin\vartheta \, d\vartheta \, d\omega$. Denken wir uns dieses Rechteck fest mit dem Schwerpunkte des Moleküls B) verbunden, so ist also die Summe der Wege, welche es während τ relativ gegen die Moleküle von der Beschaffenheit C) zurücklegt, ebenfalls $\gamma\tau$. Alle diese Wege bilden mit Vernachlässigung von Unendlichkleinem gleiche Winkel mit den Coordinatenaxen; sie bilden daher auch denselben Winkel (ϵ) mit der Ebene des Rechtecks $ABCD$, da ja die Geschwindigkeiten sämmtlicher Atome des Moleküls B durch die Bedingungen B) und D) zwischen unendlich nahe Grenzen eingeschlossen sind.



Das ganze Volumen, welches daher unser Rechteck während der Summe aller Zeitmomente τ durchwandern würde, wenn es sich blos mit seiner relativen Geschwindigkeit gegen die Moleküle von der Beschaffenheit C) bewegte, ist

$$V = R^2 \sin\vartheta \, d\vartheta \, d\omega \, . \sin\varepsilon \, . \, \gamma\tau, \tag{49}$$

und es ist leicht einzusehen, dass alle Moleküle, welche sich innerhalb dieses Volumens befinden, mit dem Moleküle B) so zusammenstossen, dass dabei die Bedingungen F) erfüllt sind. Es fragt sich daher nur noch, wie viele Moleküle von der Bewegungsart C) und der Phase E) in diesem Volumen liegen werden. Wir wissen, dass in der Volumeinheit $f(ta'_1 a'_2 \ldots) da'_1 da'_2 \ldots$ Moleküle von der Bewegungsart C), daher, weil die Vertheilung der Bewegungsarten eine gleichförmige ist, $Vf(ta'_1 a'_2 \ldots) da'_1 da'_2 \ldots$ im Volumen V liegen. Alle diese Moleküle werden jedoch nicht die Phase E) haben. Vielmehr wird sich die Zahl derjenigen, welche diese Phase haben, zu ihrer Gesammtzahl verhalten wie die Zeit, während welcher ein Molekül die Phase E) besitzt, zur Zeit, während welcher es alle möglichen Phasen durchläuft, also entsprechend der Gleichung 48) wie $s'dx'$ zu $\int s'dx'$; wobei

$$\frac{1}{s'} = \Sigma \pm \frac{\partial a'_1}{\partial \xi'_1} \cdot \frac{\partial a'_2}{\partial \eta'_1} \cdots$$

ist. Diese Zahl ist also

$$\nu = Vf(ta'_1 a'_2 \ldots) \, da'_1 \, da'_2 \ldots \frac{s'dx'}{\int s'dx'}. \tag{50}$$

Hiebei wurde vorausgesetzt, dass unter den Molekülen von der Beschaffenheit C) die verschiedenen Phasen während der Zeit τ gerade so vertheilt sind, wie während der Zeit Δt, dass also nicht immer die Phase D) gerade mit der Phase E) coïncidirt oder eben so wenig die Phase E) niemals oder besonders selten mit der D) gleichzeitig stattfindet. Wenn die Schwingungsdauer der Moleküle von der Beschaffenheit C) nicht commensurabel ist mit der der Moleküle von der Beschaffenheit B), so ist dies selbstverständlich. Wären jedoch diese beiden Schwingungsdauern für alle oder eine endliche Zahl von

Molekülpaaren commensurabel, so müsste dies als eine Eigenschaft der zu Anfang hergestellten Zustandsvertheilung vorausgesetzt werden, welche sich dann für alle folgenden Zeiten erhalten würde. Der Ausdruck 50) gibt uns die Zahl der Moleküle im Volumen V, für welche die Bedingungen C) und E) erfüllt sind, und wir wissen, dass alle diese und nur diese während Δt mit dem betrachteten Moleküle von der Beschaffenheit B), das wir immer das Molekül B) nannten, so zusammenstossen, dass dabei die Bedingungen C), D), E) und F) erfüllt sind. Nun sind aber $f(t, a_1, a_2 \ldots) da_1\, da_2 \ldots$ Moleküle von der Beschaffenheit B) in der Volumeinheit; multipliciren wir daher noch mit dieser Zahl, so erhalten wir $dn = \nu f(t, a_1, a_2 \ldots)\, da_1\, da_2 \ldots$ für die Zahl der Molekülpaare, welche in der Volumeinheit während der Zeit Δt so zusammenstossen, dass alle 5 Bedingungen B), C), D), E) und F) erfüllt sind, also für die Zahl der Zusammenstösse von der Gattung G) während dieser Zeit. Unter Berücksichtigung der Gleichungen 48), 49) und 50) erhalten wir für diese Zahl den Werth:

$$dn = \frac{f(t, a_1, a_2 \ldots) f(t\, a_1' a_2' \ldots)}{\int s\,dx \int s'\,dx'} b^2 \gamma \sin \vartheta \sin \varepsilon\, d\vartheta\, d\omega\, \Delta t \times \\ \times s\,dx\, da_1\, da_2 \ldots s'\,dx'\, da_1'\, da_2' \ldots \qquad 51)$$

Wenn die Werthe der Grössen

$$a_1, a_2 \ldots a_1', a_2' \ldots x, x', \vartheta, \omega \qquad J)$$

im Momente des Beginnes des Zusammenstosses gegeben sind, so ist damit die Natur des Zusammenstosses vollkommen charakterisirt; es können also die Werthe derselben Grössen im Momente des Endes jenes Zusammenstosses berechnet werden. Es sollen diese Werthe im Momente des Endes mit den entsprechenden grossen Buchstaben bezeichnet werden. Es können also dann die Grössen

$$A_1, A_2 \ldots A_1', A_2' \ldots X, X', \Theta, \Omega \qquad K)$$

als Functionen der Variabeln J) ausgedrückt werden. Ich will den Inbegriff der Bedingungen B), C), D), E) und F) kurz als

die Bedingungen G) bezeichnen. Alle Zusammenstösse, für welche die Werthe der Variabeln im Momente ihres Beginnes den Bedingungen G) genügten, verlaufen in sehr ähnlicher Weise. Für dieselben werden daher auch im Momente des Endes die Werthe der Variabeln zwischen gewissen unendlich nahen Grenzen liegen. Wir wollen annehmen, für alle diese und nur diese Zusammenstösse sollen die Variabeln im Momente des Endes zwischen

$$A_1 \text{ und } A_1+dA_1,\ A_2 \text{ und } A_2+dA_2 \ldots A'_1 \text{ und } A'_1+dA'_1,$$
$$A'_2 \text{ und } A'_2+dA'_2 \ldots X \text{ und } X+dX,\ X' \text{ und } X'+dX', \tag{H}$$
$$\Theta \text{ und } \Theta+d\Theta,\ \Omega \text{ und } \Omega+d\Omega$$

liegen.

Da die Grössen K) Functionen der Variabeln J) sind, so können wir im Ausdrucke 51) statt einiger Differentiale der Grössen J) auch Differentiale der Grössen K) einführen; wir wollen z. B. statt der vier Differentiale dx, dx', $d\vartheta$ und $d\omega$ die Differentiale von A_1, A_2, A'_1 und A'_2 einführen, wobei ich übrigens bemerke, dass die vier Grössen A_1, A_2, A'_1, A'_2 nur beispielsweise genommen wurden; wir könnten an ihre Stelle eben so gut vier andere der Grössen K) setzen. Wir erhalten dann

$$dn = \frac{f(a_1, a_2 \ldots) f(a'_1, a'_2 \ldots)}{\int s dx \,.\, \int s' dx'} s s' s_1 l^2 \gamma \sin\vartheta \sin\varepsilon \Delta t \, da_1 da_2 \ldots \tag{52}$$
$$da_\rho da'_1 \ldots da'_\rho dA_1 dA_2 dA_3 dA_4;$$

wobei

$$\frac{1}{s_1} = \Sigma \pm \frac{\partial A_1}{\partial x} \cdot \frac{\partial A_2}{\partial x'} \cdot \frac{\partial A'_1}{\partial \vartheta} \cdot \frac{\partial A'_2}{\partial \omega}$$

ist.

Dies ist die Zahl der Zusammenstösse, welche in der Volumeinheit während Δt so geschehen, dass vor denselben die Grössen φ_1, $\varphi_2 \ldots \varphi'_\rho$ zwischen den Grenzen B) und C) und ausserdem nach denselben A_1, A_2, A'_1, und A'_2 zwischen

$$A_1 \text{ und } A_1+dA_1 \ldots A'_2 \text{ und } A'_2+dA'_2$$

liegen. Lassen wir in diesem Ausdrucke $a_1, a_2 \ldots a_\rho$ constant und integriren bezüglich $a'_1, a'_2 \ldots a'_\rho$, A_1, A_2, A'_1 und A'_2 über alle

möglichen Werthe dieser Grössen, so erhalten wir alle Zusammenstösse, welche in der Volumeinheit während Δt so geschehen, dass vor denselben die a für eines der zusammenstossenden Moleküle zwischen den Grenzen B) lagen, ohne dass hiezu noch irgend eine andere Bedingung hinzukäme. Diese Zahl ist also:

$$dn' = da_1 da_2 \ldots da_\rho \Delta t \iint \ldots \frac{f(t a_1 a_2 \ldots) f(t, a'_1, a'_2 \ldots)}{\int s dx \;.\; \int s' dx} s s' s_1 l^2 \gamma \times \tag{53}$$
$$\times \sin \vartheta \sin \varepsilon \, da'_1 da'_2 \ldots dA'_1 dA'_2.$$

Durch jeden dieser Zusammenstösse wird die Zahl der Moleküle in der Volumeinheit, für welche die a zwischen den Grenzen B) liegen, also die Zahl $f(t a_1 a_2 \ldots) da_1 da_2 \ldots da_\rho$ um eins vermindert; es ist also die Zahl dn' von $f(t a_1 a_2 \ldots) da_1 da_2 \ldots$ zu subtrahiren; dann bleibt die Zahl der Moleküle übrig, für welche während Δt die Grössen a nicht aufgehört haben, zwischen den Grenzen B) zu liegen. Hiezu muss noch die Zahl der Zusammenstösse addirt werden, welche so geschehen, dass nicht vor, wohl aber nach denselben die Grössen a zwischen den Grenzen B) liegen. Sie heisse dN'. Dann ist also

$$f(t, a_1, a_2 \ldots) da_1 da_2 \ldots da_\rho - dn' + dN'$$

die Zahl der Moleküle in der Volumeinheit, für welche zur Zeit $t + \Delta t$ die a zwischen den Grenzen B) liegen. Es ist also

$$\begin{aligned} &f(t, a_1, a_2 \ldots) da_1 da_2 \ldots da_\rho - dn' + dN' \\ &\quad = f(t + \Delta t, a_1, a_2 \ldots) da_1 da_2 \ldots da_\rho. \end{aligned} \tag{54}$$

Die Zahl dN' kann in folgender Weise gefunden werden. Für die Anzahl der Zusammenstösse, welche in der Volumeinheit während Δt so geschehen, dass bei Beginn derselben die Bedingungen G) erfüllt sind, fanden wir oben den Ausdruck 51). Für alle diese erfüllen die Variabeln im Momente des Endes die Bedingungen H). Wir brauchen in diesem Ausdrucke blos die kleinen Buchstaben mit den grossen zu vertauschen, um die Zahl der Zusammenstösse zu finden, für welche die Werthe der Variabeln im Momente des Beginnes Bedingungen erfüllen, die

sonst ganz identisch mit den Bedingungen H) sind, nur dass die Plätze der Schwerpunkte beider Moleküle vertauscht erscheinen, deren Verbindungslinie also gleiche Richtung, aber den entgegengesetzten Sinn hat. Letztere Zahl ist also

$$dN = \frac{f(t, A_1, A_2 \ldots) f(t, A'_1, A'_2 \ldots)}{\int S dX \int S' dX'} SS' l^2 \Gamma \sin\Theta \sin E \times \qquad 55)$$
$$\times d\Theta\, d\Omega\, \Delta t\, dX\, dA_1 dA_2 \ldots dA_\rho dX' dA'_1 dA'_2 \ldots dA'_\rho,$$

wobei $S, S', E \ldots$ aus $s, s', \varepsilon \ldots$ gebildet werden, indem man darin die Variabeln J) mit den Variabeln K) vertauscht. Für alle diese Zusammenstösse aber werden umgekehrt die Werthe der Variabeln im Momente des Endes zwischen den Grenzen G) liegen. Denn es ist klar, dass ein Zusammenstoss, für den im Momente des Beginnes die Bedingungen G) erfüllt sind, gerade umgekehrt verläuft, wie einer, bei dem im Momente des Beginnes jene mit H) analogen Bedingungen erfüllt sind. Während also für den ersteren Zusammenstoss im Momente des Endes die Bedingungen H) erfüllt sind, so sind für den letzteren umgekehrt im Momente des Endes ähnliche wie die Bedingungen G) erfüllt. Die Formel 55) gibt uns also die Zahl der Zusammenstösse, welche in der Volumeinheit während Δt so geschehen, dass im Momente des Endes derselben die Werthe der Variabeln den Bedingungen G) genügen. Wir wollen zunächst wieder statt der Differentiale von X, X', Θ und Ω die von a_1, a_2, a'_1, a'_2 einführen, so erhalten wir

$$dN = \frac{f(t, A_1, A_2 \ldots) f(t, A'_1, A'_2 \ldots)}{\int S dX \int S' dX'} SS' S_1 l^2 \Gamma \sin\Theta \sin E \times$$
$$\times \Delta t\, dA_1 dA_2 \ldots dA_\rho dA'_1 \ldots dA'_\rho da_1 da_2 da'_1 da'_2.$$

In dieser Formel ist

$$\frac{1}{S_1} = \Sigma \pm \frac{\partial a_1}{\partial X} \cdot \frac{\partial a_2}{\partial X'} \cdot \frac{\partial a'_1}{\partial \Theta} \cdot \frac{\partial a'_2}{\partial \Omega},$$

wobei man sich bei Bildung der partiellen Differentialquotienten in der Functionaldeterminante die a als Functionen der als independent zu denkenden Grössen G) ausgedrückt denken

muss. Führen wir ausserdem noch statt der Differentiale von A_3, $A_4 \ldots A_\rho$, $A'_3 \ldots A'_\rho$ die von a_3, $a_4 \ldots a_\rho$ $a'_3 \ldots a'_\rho$ ein, so erhalten wir:

$$dN = \frac{f(t, A_1, A_2 \ldots) f(t, A'_1, A'_2 \ldots)}{\int S dX \int S' dX'} SS'S_1 \sigma l^2 \Gamma \sin \Theta \sin \mathrm{E} \times \quad 56)$$
$$\times \Delta t \, da_1 da_2 \ldots da'_\rho dA_1 dA_2 dA'_1 dA'_2,$$

wobei

$$\sigma = \Sigma \pm \frac{\partial A_3}{\partial a_3} \cdot \frac{\partial A_4}{\partial a_4} \cdots \frac{\partial A'_\rho}{\partial a'_\rho},$$

in welcher Functionaldeterminante A_3, $A_4 \ldots A'_\rho$ als Functionen der als independent zu betrachtenden Variabeln a_1, $a_2 \ldots a'_\rho$, A_1, A_2, A'_1, A'_2 anzusehen sind. In dem Ausdrucke 56) wollen wir uns alle Grössen als Functionen von

$$a_1, a_2 \ldots a_\rho, a'_1 \ldots a'_\rho, \; A_1, A_2, A'_1, A'_2$$

ausgedrückt denken. Ferner betrachten wir a_1, $a_2 \ldots a_\rho$ als constant und integriren bezüglich a'_1, $a'_2 \ldots A'_2$ über alle möglichen Werthe dieser Grössen. Dadurch erhalten wir die Anzahl der Zusammenstösse, nach denen für eines der stossenden Moleküle die Grössen a zwischen den Grenzen B) liegen, während sonst alles beliebig ist; also genau die mit dN' bezeichnete Grösse. Es ist also

$$dN' = da_1 da_2 \ldots da_\rho \Delta t \iint \ldots \frac{f(t, A_1 \ldots) f(t, A'_1 \ldots)}{\int S dX \int S' dX'} SS'S_1 \sigma l^2 \times \quad 57)$$
$$\times \Gamma \sin \Theta \sin \mathrm{E} \, da'_1 da'_2 \ldots da'_\rho dA_1 dA_2 dA'_1 dA'_2.$$

Wir wollen nun die rechte Seite der Gleichung 54) nach Potenzen von Δt entwickeln und bei der ersten Potenz stehen bleiben, was für sehr kleine Δt gestattet ist. Sie geht dann über in

$$\frac{\partial f(t, a_1, a_2 \ldots)}{\partial t} da_1 da_2 \ldots da_\rho \Delta t = -dn' + dN'. \quad 58)$$

sonst ganz identisch mit den Bedingungen H) sind, nur dass die Plätze der Schwerpunkte beider Moleküle vertauscht erscheinen, deren Verbindungslinie also gleiche Richtung, aber den entgegengesetzten Sinn hat. Letztere Zahl ist also

$$dN = \frac{f(t, A_1, A_2 \ldots)}{\int S dX} \frac{f(t, A'_1, A'_2 \ldots)}{\int S' dX'} S S' l^2 \Gamma \sin \Theta \sin \mathrm{E} \times \\ \times d\Theta \, d\Omega \, \Delta t \, dX \, dA_1 \, dA_2 \ldots dA_\rho \, dX' \, dA'_1 \, dA'_2 \ldots dA'_\rho, \tag{55}$$

wobei $S, S', \mathrm{E} \ldots$ aus $s, s', \varepsilon \ldots$ gebildet werden, indem man darin die Variabeln J) mit den Variabeln K) vertauscht. Für alle diese Zusammenstösse aber werden umgekehrt die Werthe der Variabeln im Momente des Endes zwischen den Grenzen G) liegen. Denn es ist klar, dass ein Zusammenstoss, für den im Momente des Beginnes die Bedingungen G) erfüllt sind, gerade umgekehrt verläuft, wie einer, bei dem im Momente des Beginnes jene mit H) analogen Bedingungen erfüllt sind. Während also für den ersteren Zusammenstoss im Momente des Endes die Bedingungen H) erfüllt sind, so sind für den letzteren umgekehrt im Momente des Endes ähnliche wie die Bedingungen G) erfüllt. Die Formel 55) gibt uns also die Zahl der Zusammenstösse, welche in der Volumeinheit während Δt so geschehen, dass im Momente des Endes derselben die Werthe der Variabeln den Bedingungen G) genügen. Wir wollen zunächst wieder statt der Differentiale von X, X', Θ und Ω die von a_1, a_2, a'_1, a'_2 einführen, so erhalten wir

$$dN = \frac{f(t, A_1, A_2 \ldots)}{\int S dX} \frac{f(t, A'_1, A'_2 \ldots)}{\int S' dX'} S S' S_1 l^2 \Gamma \sin \Theta \sin \mathrm{E} \times \\ \times \Delta t \, dA_1 \, dA_2 \ldots dA_\rho \, dA'_1 \ldots dA'_\rho \, da_1 \, da_2 \, da'_1 \, da'_2.$$

In dieser Formel ist

$$\frac{1}{S_1} = \Sigma \pm \frac{\partial a_1}{\partial X} \cdot \frac{\partial a_2}{\partial X'} \cdot \frac{\partial a'_1}{\partial \Theta} \cdot \frac{\partial a'_2}{\partial \Omega},$$

wobei man sich bei Bildung der partiellen Differentialquotienten in der Functionaldeterminante die a als Functionen der als independent zu denkenden Grössen G) ausgedrückt denken

muss. Führen wir ausserdem noch statt der Differentiale von A_3, $A_4 \ldots A_\rho$, $A'_3 \ldots A'_\rho$ die von a_3, $a_4 \ldots a_\rho$ $a'_3 \ldots a'_\rho$ ein, so erhalten wir:

$$dN = \frac{f(t, A_1, A_2 \ldots) f(t, A'_1, A'_2 \ldots)}{\int S dX \int S' dX'} SS'S_1 \sigma l^2 \Gamma \sin \Theta \sin \mathrm{E} \times \qquad 56)$$

$$\times \Delta t \, da_1 da_2 \ldots da'_\rho dA_1 dA_2 dA'_1 dA'_2,$$

wobei

$$\sigma = \Sigma \pm \frac{\partial A_3}{\partial a_3} \cdot \frac{\partial A_4}{\partial a_4} \cdots \frac{\partial A'_\rho}{\partial a'_\rho},$$

in welcher Functionaldeterminante A_3, $A_4 \ldots A'_\rho$ als Functionen der als independent zu betrachtenden Variabeln a_1, $a_2 \ldots a'_\rho$, A_1, A_2, A'_1, A'_2 anzusehen sind. In dem Ausdrucke 56) wollen wir uns alle Grössen als Functionen von

$$a_1, a_2 \ldots a_\rho, a'_1 \ldots a'_\rho, \; A_1, A_2, A'_1, A'_2$$

ausgedrückt denken. Ferner betrachten wir a_1, $a_2 \ldots a_\rho$ als constant und integriren bezüglich a'_1, $a'_2 \ldots A'_2$ über alle möglichen Werthe dieser Grössen. Dadurch erhalten wir die Anzahl der Zusammenstösse, nach denen für eines der stossenden Moleküle die Grössen a zwischen den Grenzen B) liegen, während sonst alles beliebig ist; also genau die mit dN' bezeichnete Grösse. Es ist also

$$dN' = da_1 da_2 \ldots da_\rho \Delta t \iint \ldots \frac{f(t, A_1 \ldots) \; f(t, A'_1 \ldots)}{\int S dX \quad \int S' dX'} SS'S_1 \sigma l^2 \times \qquad 57)$$

$$\times \Gamma \sin \Theta \sin \mathrm{E} \, da'_1 da'_2 \ldots da'_\rho dA_1 dA_2 dA'_1 dA'_2.$$

Wir wollen nun die rechte Seite der Gleichung 54) nach Potenzen von Δt entwickeln und bei der ersten Potenz stehen bleiben, was für sehr kleine Δt gestattet ist. Sie geht dann über in

$$\frac{\partial f(t, a_1, a_2 \ldots)}{\partial t} da_1 da_2 \ldots da_\rho \Delta t = -dn' + dN'. \qquad 58)$$

Bevor ich hier die Werthe von dn' und dN' substituire, will ich noch an eine Relation erinnern, welche ich bereits in meiner Abhandlung „Über das Wärmegleichgewicht mehratomiger Gasmoleküle“ (Sitzungsb. d. Wiener Akad. Bd. 63) bewiesen habe. Die in jener Abhandlung entwickelte Gleichung 19) lautet nämlich nach Einführung unserer Bezeichnungsweise:

$$\gamma \sin \vartheta \sin \varepsilon \, d\xi_1 \, d\eta_1 \ldots d\zeta_{r-1} \, du_1 \, dv_1 \ldots dw_r \, d\vartheta \, d\omega$$

$$= \Gamma \sin \Theta \sin \mathrm{E} \, d\Xi_1 \, d\mathrm{H}_1 \ldots d\Omega ,$$

wenn Ξ_1, $\mathrm{H}_1 \ldots$ die Werthe von ξ_1, $\eta_1 \ldots$ im Momente des Endes des Zusammenstosses bezeichnen. Führen wir in diese Gleichung zunächst a_1, $a_2 \ldots a'_\rho$, x, x' statt ξ_1, $\eta_1 \ldots w_r$ ein, so geht sie über in

$$ss' \gamma \sin \vartheta \sin \varepsilon \, da_1 \, da_2 \ldots da'_\rho \, dx \, dx' \, d\vartheta \, d\omega$$

$$= SS' \Gamma \sin \Theta \sin \mathrm{E} \, dA_1 \, dA_2 \ldots dA'_\rho \, dX \, dX' \, d\Theta \, d\Omega ,$$

wobei s und S dieselben Bedeutungen wie früher haben. Führen wir ferner links dA_1, dA_2, dA'_1, dA'_2 statt dx, dx', $d\vartheta$, $d\omega$ ein, und ähnlich rechts, so erhalten wir

$$ss's_1 \gamma \sin \vartheta \sin \varepsilon \, da_1 \, da_2 \ldots da'_\rho \, dA_1 \, dA_2 \, dA'_1 \, dA'_2$$

$$= SS'S_1 \Gamma \sin \Theta \sin \mathrm{E} \, dA_1 \, dA_2 \ldots dA'_\rho \, da_1 \, da_2 \, da'_1 \, da'_2 .$$

Führen wir auf der rechten Seite dieser Gleichung statt der Differentiale von A_3, $A_4 \ldots A_\rho$, $A'_3 \ldots A'_\rho$ wieder die von a_3, $a_4 \ldots a_\rho$, $a'_3 \ldots a'_\rho$ ein, so können wir durch alle Differentiale wegdividiren, und es bleibt uns nur noch:

$$ss's_1 \gamma \sin \vartheta \sin \varepsilon = SS'S_1 \Gamma \sigma \sin \Theta \sin \mathrm{E} . \qquad 59)$$

Nun wollen wir die Werthe 53) und 57) für dn' und dN' in die Gleichung 58) substituiren. Dividiren wir dabei durch $da_1 \, da_2 \ldots da_\rho \, \Delta t$ weg, ziehen die beiden Integrale rechts in ein einziges zusammen, und beachten endlich noch die Gleichung 59), so ergibt sich

$$\frac{\partial f(t, a_1, a_2 \ldots a_\rho)}{\partial t} =$$

$$\int \int \ldots \left[\frac{f(t, A_1, A_2 \ldots) f(t, A_1', A_2' \ldots)}{\int SdX \int S'dX'} - \frac{f(t, a_1, a_2 \ldots) f(t, a_1', a_2' \ldots)}{\int sdx \int s'dx'}\right] \qquad 60)$$

$$\times ss's_1 R \gamma \sin \vartheta \sin \varepsilon \, da_1' da_2' \ldots da_\rho' dA_1 dA_2 dA_1' dA_2',$$

und dies ist als die Grundgleichung anzusehen, welche die Veränderung der Function $f(t, a_1, a_2 \ldots)$ mit wachsender Zeit bestimmt. Alle Grössen hat man sich hier als Functionen der $2\rho+4$ den Zusammenstoss (ausser seiner absoluten Lage im Raume) vollkommen bestimmenden Grössen $a_1\, a_2 \ldots a_\rho\, a_1' \ldots a_\rho'\, A_1\, A_2\, A_1'\, A_2'$ ausgedrückt zu denken. $\int SdX$ ist die Grösse, welche man erhält, wenn man $\int sdx$ als Function dieser $2\rho+4$ Variabeln ausdrückt; dann die kleinen und grossen Buchstaben vertauscht, und schliesslich wieder die $A_3 A_4 \ldots$ als Functionen der $2\rho+4$ Variabeln ausdrückt, ebenso $\int S'dX'$. Man sieht sofort, dass diese Veränderung gleich Null ist, sobald der Ausdruck in der eckigen Klammer für alle Werthe der Variabeln verschwindet; denn dann verschwindet nothwendig auch das Integral, und dies ist nichts anderes, als was ich schon in der bereits citirten Abhandlung über das Wärmegleichgewicht zwischen mehratomigen Gasmolekülen in einer etwas anderen Form gefunden. Allein hiemit ist noch nicht bewiesen, dass das Integral der linken Seite der Formel 60) nur verschwinden kann, wenn der Ausdruck unter dem Integralzeichen für alle Werthe der Variabeln verschwindet. Es könnte vielmehr das Integrale auch verschwinden, wenn der Ausdruck unter dem Integralzeichen bald positiv, bald negativ würde. Um diesen letzteren Beweis zu liefern, verfahren wir ganz in derselben Weise, wie wir dies früher in der Theorie des Verhaltens einatomiger Gasmoleküle thaten. Da die Functionaldeterminante s nur eine Function von $x, a_1\, a_2 \ldots a_\rho$ ist, und die Grenzen des Integrals $\int sdx$ nur von den a abhängen, so folgt, dass letzteres Integral eine Function von $a_1, a_2 \ldots a_\rho$ ist. Es ist daher $\frac{f(t\, a_1\, a_2 \ldots)}{\int sdx}$ eine Function von $t, a_1, a_2 \ldots a_\rho$, und wir wollen setzen:

$$\frac{f(t, a_1, a_2 \ldots a_\rho)}{\int sdx} = \varphi(t, a_1, a_2 \ldots a_\rho) \qquad 61)$$

Ferner werde zur Abkürzung

$$s s' s_1 l^2 \gamma \sin \vartheta \sin \varepsilon = p$$

gesetzt. Dann können wir die Gleichung 13) etwas kürzer so schreiben:

$$\frac{\partial \varphi(t\, a_1\, a_2 \ldots)}{\partial t} \int s\, dx = \iint \ldots [\varphi(t\, A_1\, A_2 \ldots)\varphi(t\, A'_1\, A'_2 \ldots) - \\ - \varphi(t\, a_1\, a_2 \ldots)\varphi(t\, a'_1\, a'_2 \ldots)]\, p\, da'_1\, da'_2 \ldots da'_\rho\, dA_1\, dA_2\, dA'_1\, dA'_2. \qquad 62)$$

Die Grösse p besitzt zwei Eigenschaften, die wir später benützen werden. Erstlich, sie ist symmetrisch bezüglich der Variabeln $a_1, a_2 \ldots a_\rho\, A_1\, A_2$ und $a'_1, a'_2 \ldots a'_\rho, A'_1, A'_2$, d. h. sie ändert ihren Werth nicht, wenn man gleichzeitig a'_1 mit a_1 und umgekehrt: a'_2 mit a_2 und umgekehrt u. s. w. vertauscht. Denn hierdurch schreibt man blos dem zweiten der zusammenstossenden Moleküle den Zustand zu, den vor der Vertauschung das erste hatte, und umgekehrt, und es ist klar, dass sich hiedurch relative Geschwindigkeit etc. beider Moleküle nicht ändert. Dass aber das Product ss' und die Grösse s_1 ebenfalls in dieser Weise symmetrisch sind, lehrt der blosse Anblick der Ausdrücke für diese Grössen. Zweitens, p ist nothwendig positiv; denn die durch die Formel 52) dargestellte Zahl dn kann nicht anders als positiv sein; dieselbe enthält aber nebst p lauter positive Factoren (die Differentiale setzen wir ebenfalls durchweg positiv voraus), folglich muss p ebenfalls positiv sein. Setzen wir jetzt

$$E = \iint \ldots \varphi(t\, a_1 a_2 \ldots) . \int s\, dx . \log \varphi(t, a_1, a_2 \ldots)\, da_1\, da_2 \ldots da_\rho, \qquad 63)$$

wobei log wieder den natürlichen Logarithmus bezeichnet und die Integrationen über alle möglichen Werthe der a zu erstrecken sind, so dass also E nur mehr eine Function der Zeit ist, und suchen den Differentialquotienten von E nach der Zeit t. Da die Grenzen der Integrale, durch welche E bestimmt ist, t nicht enthalten, so finden wir $\frac{dE}{dt}$, indem wir unter dem Integralzeichen nach t differentiiren, und zwar blos insoferne die Grössen unter dem Integralzeichen t explicit enthalten, denn die a sind nichts anderes als die Variabeln, nach denen integrirt wer-

den soll. Wir wissen, dass $\int s dx$ die Zeit auch nicht enthält dieselbe ist also nur in $\varphi(t, a_1 a_2 \ldots)$ enthalten. Berücksichtigen wir noch, dass

$$\int\int \ldots \varphi(t, a_1, a_2 \ldots) . \int s dx . da_1 da_2 \ldots da_\rho$$

die Gesammtzahl der Moleküle in der Volumeinheit, also sein Differentialquotient nach t gleich Null ist, so erhalten wir

$$\frac{dE}{dt} = \int\int \ldots \frac{\partial \varphi(t a_1 a_2 \ldots)}{\partial t} \log \varphi(t a_1, a_2 \ldots) . \int s dx . da_1 da_2 \ldots da_\rho .$$

Substituiren wir hier für $\frac{\partial \varphi(t a_1 a_2 \ldots)}{\partial t}$ seinen Werth aus Gleichung 62) und setzen Kürze halber

$$\varphi(t, a_1 a_2 \ldots) = \varphi; \; \varphi(t a_1' a_2' \ldots) = \varphi'; \; \varphi(t, A_1, A_2 \ldots) = \Phi;$$
$$\varphi(t, A_1', A_2' \ldots) = \Phi',$$

so ergibt sich

$$\frac{dE}{dt} = \int\int\int \ldots \log \varphi . [\Phi \Phi' - \varphi \varphi'] p \, da_1 \, da_2 \ldots da_\rho da_1' \ldots \quad 64)$$
$$da_\rho' dA_1 dA_2 dA_1' dA_2' .$$

In dem bestimmten Integrale, welches die rechte Seite der Gleichung 64) bildet, können wir wieder die Variabeln, nach denen zu integriren ist, bezeichnen, wie wir wollen. Wir können also z. B. $a_1 a_2 \ldots A_2$ mit $a_1' a_2' \ldots A_2'$ und umgekehrt vertauschen. Dadurch ändert sich weder p, noch die Grösse in der eckigen Klammer, nur $\log \varphi$ verwandelt sich in $\log \varphi'$, und wir erhalten also, wenn wir zum Schlusse auch noch die Integrationsordnung umkehren, so dass wieder in der alten Reihenfolge integrirt wird:

$$\frac{dE}{dt} = \int\int \ldots \log \varphi' [\Phi \Phi' - \varphi \varphi'] p \, da_1 da_2 \ldots da_\rho' dA_1 dA_2 dA_1' dA_2' . \quad 65)$$

Nun wollen wir diejenigen a, welche in Formel 64) mit den kleinen lateinischen Buchstaben bezeichnet wurden, mit den grossen und umgekehrt bezeichnen, so erhalten wir:

$$\frac{dE}{dt} = \iint \ldots \log \Phi [\varphi \varphi' - \Phi \Phi'] P dA_1 dA_2 \ldots dA'_\rho da_1 da_2 da'_1 da'_2, \quad 66)$$

wobei $P = SS'S_1 l^2 \Gamma \sin \Theta \sin E$ ist. Man erhält also P, indem man p als Function der $2\rho+4$ Grössen $a_1 a_2 \ldots a'_\rho A_1 \ldots A'_2$ ausdrückt und dann die grossen und kleinen Buchstaben vertauscht. Nun wissen wir aber, dass $A_3 A_4 \ldots A_\rho A_3 \ldots A'_\rho$ als Functionen von $a_1 a_2 \ldots a'_\rho A_1 A_2 A'_1$ und A'_2 ausgedrückt werden können. Wir können also in der Formel 66) statt der Differentiale von $A_3 A_4 \ldots A_\rho A'_3 A'_4 \ldots A'_\rho$ wieder die von $a_3 a_4 \ldots a_\rho a'_3 \ldots a'_\rho$ einführen, was natürlich wieder blos eine rein formelle Veränderung ist. Wir können ja unter dem Integralzeichen statt der Variabeln, nach denen die Integration zu geschehen hat, beliebige andere Functionen derselben einführen, folglich auch, wenn wir wollen, diejenigen, welche uns früher $a_3 a_4 \ldots$ durch $A_3 A_4 \ldots$ ausdrückten. Dadurch geht die Gleichung 66) über in

$$\frac{dE}{dt} = \iint \ldots \log \Phi [\varphi \varphi' - \Phi \Phi'] P \sigma \, da_1 da_2 \ldots da'_\rho dA_1 dA_2 dA'_1 dA'_2,$$

oder wegen der Gleichung 59) in

$$\frac{dE}{dt} = \iint \ldots \log \Phi [\varphi \varphi' - \Phi \Phi'] p \, da_1 da_2 \ldots da'_\rho dA_1 dA_2 dA'_1 dA'_2. \quad 67)$$

Die Integrationen sind in allen diesen Formeln über alle möglichen Werthe der Variabeln zu erstrecken. Vertauschen wir hier endlich wieder $a_1 a_2 \ldots A_2$ mit $a'_1 a'_2 \ldots A'_2$, so ergibt sich

$$\frac{dE}{dt} = \iint \ldots \log \Phi' . [\varphi \varphi' - \Phi \Phi'] p \, da_1 da_2 \ldots da'_\rho dA_1 dA_2 dA'_1 dA'_2. \quad 68)$$

Addiren wir nun die Gleichungen 64), 65), 67) und 68) und dividiren durch 4, so bekommen wir

$$\frac{dE}{dt} = \frac{1}{4} \iint \ldots \log \left(\frac{\varphi \varphi'}{\Phi \Phi'} \right) . [\Phi \Phi' - \varphi \varphi'] p \, da_1 da_2 \ldots dA'_2.$$

Da nun p immer positiv ist, so folgt aus diesem Ausdrucke dass $\frac{dE}{dt}$ niemals positiv sein kann, also E selbst

nur abnehmen oder constant bleiben kann. Letzteres kann nur der Fall sein, wenn der Ausdruck in der eckigen Klammer also

$$\varphi(t, a_1, a_2 \ldots a_\rho) \cdot \varphi(t\, a_1' a_2' \ldots a_\rho') - \varphi(t\, A_1 A_2 \ldots A_\rho) \cdot \varphi(t\, A_1' A_2' \ldots A_\rho') \quad 69)$$

für alle Werthe der Variabeln verschwindet. Es kann daher die Zustandsvertheilung nicht periodisch zwischen gewissen Grenzen hin und her schwanken, und für die Grenze, der sie sich mit wachsender Zeit nähert, muss der Ausdruck 69) allgemein verschwinden.

Die Bedeutung der eben vorgenommenen Transformation der Gleichung 64) kann wie im Falle einatomiger Gasmoleküle durch Zerlegung des Integrals in eine Summe veranschaulicht werden. Setzen wir etwa

$$a_1 = b_1 \varepsilon, \; a_2 = b_2 \varepsilon \; \ldots \; a_\rho' = b_\rho' \varepsilon, \; A_1 = B_1 \varepsilon \quad \ldots,$$

wobei ε eine beliebige sehr kleine Grösse, die b aber ganze Zahlen sind; ferner

$$\varphi(t, a_1, a_2 \ldots) = w_{b_1 b_2 \ldots}, \; \int s\,dx = r_{b_1 b_2 \ldots}, \; \varepsilon^{2\rho+4} p = D^{b_1 b_2 \ldots b_1' b_2' \ldots}_{B_1 B_2 \ldots B_1' B_2' \ldots}.$$

Da p von allen Variabeln abhängt, so müssen ihm $2\rho+4$ Indices gegeben werden; die übrigen Indices wurden ihm der Symmetrie wegen beigefügt. Die r sind Constanten, deren Werth im Allgemeinen von den Indices abhängt; die w sind Functionen der Zeit. Das System der gewöhnlichen Differentialgleichungen, welche dann an die Stelle der Gleichung 64) treten, ist dann folgendes:

$$r_{b_1 b_2 \ldots} \frac{d w_{b_1 b_2 \ldots}}{dt} = \Sigma D^{b_1 b_2 \ldots b_1' b_2' \ldots}_{B_1 B_2 \ldots B_1' B_2' \ldots} \left[w_{B_1 B_2 \ldots} w_{B_1' B_2' \ldots} - w_{b_1 b_2 \ldots} w_{b_1' b_2' \ldots} \right]. \quad 70)$$

Die Summation ist über alle möglichen Werthe der $b_1' b_2' \ldots B_1 B_2 \ldots$ zu erstrecken. In der Gleichung 70) selbst können $b_1 b_2 \ldots b_\rho$ die verschiedensten Werthe haben; sie repräsentirt uns daher ein System vieler Differentialgleichungen. Die Gleichung 59) lautet in unserer gegenwärtigen Bezeichnungsweise

$$D^{b_1 b_2 \ldots b_1' b_2' \ldots}_{B_1 B_2 \ldots B_1' B_2' \ldots} = D^{b_1' b_2' \ldots b_1 b_2 \ldots}_{B_1' B_2' \ldots B_1 B_2 \ldots} = D^{B_1 B_2 \ldots B_1' B_2' \ldots}_{b_1 b_2 \ldots b_1' b_2' \ldots}$$

und man findet aus derselben und dem Gleichungssystem 70) leicht, dass der Differentialquotient von

$$\sum v_{b_1 b_2 \ldots} w_{b_1 b_2 \ldots} \log w_{b_1 b_2 \ldots}$$

niemals positiv sein kann. Die Summation in diesem letzten Ausdrucke ist über alle möglichen Werthe von $b_1 b_2 \ldots b'_\rho$ zu erstrecken. Diese Grösse nimmt also beständig ab, bis

$$w_{b_1 b_2 \ldots} w_{b_1' b_2' \ldots} = w_{B_1 B_2 \ldots} w_{B_1' B_2' \ldots}$$

ist für alle möglichen Werthe von $b_1 b_2 \ldots b'_\rho$ und für alle mit diesen vereinbaren Werthe von $B_1 B_2 B'_1 B'_2$. Denn D kann für keine Gruppe von Indices, der mögliche Zustände der Moleküle entsprechen, gleich Null werden. Es müsste ja sonst ein Zusammenstoss die Wahrscheinlichkeit Null haben. Die durch die Gleichung 63) gegebene Grösse E können wir noch etwas anders schreiben. Wir sahen, dass

$$f(t\, a_1 a_2 \ldots) da_1 da_2 \ldots da_\rho \frac{s dx}{\int s dx} = \varphi(t\, a_1 a_2 \ldots a_\rho) da_1 da_2 \ldots da_\rho . s dx$$

zur Zeit t die Zahl der Moleküle in der Volumeinheit ist, für welche die Bedingungen B) und D) erfüllt sind. Führen wir statt der Differentiale von $a_1 a_2 \ldots a_\rho$ die von $\xi_1 \eta_1 \ldots \zeta_{r-1} u_1 v_2 \ldots w_r$ ein, so geht dieser Ausdruck über in

$$\varphi(t\, a_1 a_2 \ldots a_\rho) d\xi_1 d\eta_1 \ldots d\zeta_{r-1} du_1 \ldots dw_r.$$

Denken wir uns jetzt wieder $a_1 a_2 \ldots a_\rho$ durch $\xi_1 \eta_1 \ldots w_r$ ausgedrückt, so wird φ eine Function der letzten Variabeln. Es gehe $\varphi(t\, a_1 a_2 \ldots a_\rho)$ in $F(t, \xi_1, \eta_2 \ldots w_r)$ über, so dass also

$$F . d\xi_1 d\eta_1 \ldots d\zeta_{r-1} du_1 \ldots dw_r$$

die Zahl der Moleküle in der Volumeinheit ist, für welche

ξ_1 zwischen ξ_1 und $\xi_1 + d\xi$ . . . w_r zwischen w_r und $w_r + dw_r$

liegt. Den Ausdruck für E können wir dann schreiben

$$E = \iint \ldots F \log F s dx\, da_1 da_2 \ldots da_\rho,$$

oder wenn wir auch die Differentiale von $\xi_1, \eta_1 \ldots w_r$ einführen

$$E = \int\int \ldots F \log F d\xi_1 d\eta_1 \ldots d\zeta_{r-1} du_1 \ldots dw_r. \qquad 71)$$

Ich bemerke noch, dass die Rechnung in derselben Weise geführt werden kann, wenn im Raume R mehrere Gattungen von Molekülen vorhanden sind. Bezeichnen wir die entsprechenden Grössen für die zweite Gattung von Molekülen durch Beifügung eines Sternes u. s. w., so kann dann die Grösse

$$E = \int\int \ldots F \log F d\xi_1 d\eta_1 \ldots dw_r + \int\int \ldots F^* \log F^* d\xi_1^* d\eta_1^* \ldots dw_r^* +$$

u. s. w. niemals zunehmen.

V. Die Moleküle machen von einem Zusammenstosse bis zum nächsten nicht sehr viele Schwingungen.

Im vorigen Abschnitte machte ich die Annahme, dass jedes Molekül von einem Zusammenstosse bis zum nächsten sehr viele Schwingungen macht. Es lässt sich jedoch auch, wenn dies nicht der Fall ist, mit Leichtigkeit beweisen, dass die durch die Gleichung 71) definirte Grösse E nicht zunehmen kann. Es ist ist hier bequemer, wenn wir die Zahl der Moleküle in der Volumeinheit, für welche zur Zeit t die Variabeln $\xi_1, \eta_1 \ldots w_r$ zwischen den Grenzen

$$\xi_1 \text{ und } \xi_1 + d\xi_1 \ldots w_r \text{ und } w_r + dw_r \qquad \text{L)}$$

liegen, mit $f(t, \xi_1, \eta_1 \ldots w_r) d\xi_1 d\eta_1 \ldots dw_r$ bezeichnen; f sei also jetzt dieselbe Function, welche im vorigen Abschnitte F hiess. Es kann zunächst bewiesen werden, dass die Grösse E durch die innere Bewegung der Atome in den Molekülen nicht verändert wird, dass sie also constant bliebe, wenn die Moleküle nicht unter einander zusammenstiessen. Es wären dann die Variabeln $\xi_1, \eta_1 \ldots w_r$ durch die Differentialgleichungen bestimmt, welche wir die Bewegungsgleichungen eines Moleküls genannt haben. In Folge dieser Gleichungen sollen zur Zeit $t + \delta t$ die Variabeln für diese und nur diese Moleküle, für die sie zur Zeit t zwischen den Grenzen L) lagen, zwischen folgenden Grenzen liegen:

$$\xi_1' \text{ und } \xi_1' + d\xi_1' \ldots w_r' \text{ und } w_r' + dw_r'. \qquad \text{M)}$$

Ich habe bereits in der Abhandlung über das Wärmegleichgewicht zwischen mehratomigen Gasmolekülen gezeigt, dass man dann hat

$$d\xi_1' d\eta_1' \ldots dw_r' = d\xi_1 d\eta_1 \ldots dw_r$$ [1].

Fänden keine Zusammenstösse statt, so lägen zur Zeit $t+\delta t$ genau für jene Moleküle die Variabeln zwischen den Grenzen M), für welche sie zur Zeit t zwischen den Grenzen L) lagen. Die Zahl der ersteren und letzteren Moleküle wäre daher gleich, weil beides ganz dieselben Moleküle wären. Nun ist aber die Zahl der Moleküle in der Volumeinheit, für welche zur Zeit $t+\delta t$ die Variabeln zwischen den Grenzen M) liegen

$$f(t+\delta t,\ \xi_1' \ldots w_r')\, d\xi_1' \ldots dw_r';$$

die Zahl der Moleküle in der Volumeinheit aber, für welche zur Zeit t die Variabeln zwischen den Grenzen L) liegen, ist

$$f(t, \xi_1 \ldots w_r)\, d\xi_1 \ldots dw_r.$$

Es wäre also

$$f(t+\delta t, \xi_1' \ldots w_r')\, d\xi_1' \ldots dw_r' = f(t, \xi_1 \ldots w_r)\, d\xi_1 \ldots dw_r.$$

(Wir setzen hier wieder voraus, dass die Zustandsvertheilung eine gleichförmige an allen Stellen des Gases sei.) Mit Rücksicht auf die Gleichung 72) erhalten wir

$$f(t+\delta t, \xi_1' \ldots w_r') = f(t, \xi_1 \ldots w_r),$$

also auch

$$f' \log f'\, d\xi_1' d\eta_1' \ldots dw_r' = f \log f\, d\xi_1 \ldots dw_r, \qquad 73)$$

wenn wir f für $f(t \xi_1 \ldots w_r)$; f' für $f(t+\delta t, \xi_1' \ldots w_r')$ schreiben. Da die Gleichung 73) für jedes System von Differentialen besteht, so erhalten wir auch gleiche Ausdrücke, wenn wir beiderseits

[1] Wenn man mit endlichen Grössen rechnen will, lautet diese Gleichung

$$\lim \frac{d\xi_1' d\eta_1' \ldots dw_r'}{\delta t\, d\xi_1 d\eta_1 \ldots dw_r} = 1.$$

über alle möglichen Werthe der Variabeln integriren. Es ist also

$$\int\int \ldots f' \log f' d\xi'_1 \ldots dw'_r = \int\int \ldots f \log f d\xi_1 \ldots dw_r,$$

wobei beiderseits über alle möglichen Werthe der Variabeln zu integriren ist, weshalb es gleichgiltig ist, wie die Integrationsvariabeln bezeichnet werden. Man könnte daher auch schreiben:

$$\int\int \ldots f(t+\delta t, \xi_1 \ldots w_r) \log f(t+\delta t, \xi_1 \ldots w_r) d\xi_1 \ldots dw_r = \int\int \ldots f \log f d\xi_1 \ldots dw_r.$$

Hier ist die Grösse rechts der Werth des E zur Zeit $t+\delta t$, die links der Werth des E zur Zeit t. Beide sind also gleich. Die Grösse E würde also ihren Werth gar nicht ändern, wenn sich die Atome der Moleküle ihren Bewegungsgleichungen gemäss bewegten, ohne dass die Moleküle unter einander zusammenstiessen. Es handelt sich noch darum, zu finden, um wie viel sich die Grösse E in Folge der Zusammenstösse verändert. Wenn dann δt sehr klein genommen wird, so ist die Gesammtveränderung der Grösse E die Summe der Einzelveränderungen. Bezeichnen wir den Zuwachs, welchen E durch die Zusammenstösse erfährt, mit δE, so ist zunächst

$$\delta E = \int\int \ldots \log f \delta f d\xi_1 \ldots dw_r, \qquad 74)$$

wobei δf der Zuwachs ist, den f während der Zeit δt durch die Zusammenstösse erfährt, so dass die Zahl (δN) der Moleküle, welche während der Zeit δt in der Volumeinheit den Zustand L) durch die Zusammenstösse gewinnen, um $\delta f d\xi_1 d\eta_1 \ldots dw_r$ grösser ist, als die Zahl (δn) der Moleküle, welche während derselben Zeit durch die Zusammenstösse diesen Zustand verlieren, dass also

$$\delta N - \delta n = \delta f d\xi_1 d\eta_1 \ldots dw_r \qquad 75)$$

ist. Ein Molekül hat den Zustand L), ist dabei ein abgekürzter Ausdruck statt des längeren: Die den Zustand bestimmenden Variabeln $\xi_1 \eta_1 \ldots w_r$ liegen für dieses Molekül zwischen den Grenzen L). Ich nehme wieder an, der Zusammenstoss zweier

Moleküle beginne, wenn die Schwerpunkte derselben in die Distanz l gelangen. Der Winkel zwischen der Verbindungslinie beider Schwerpunkte und der x-Axe heisse wieder ϑ, der zwischen der xy-Ebene und einer parallel jener Verbindungslinie durch die x-Axe gelegten Ebene ω. Dann ist die Zahl der Zusammenstösse in der Volumeinheit während der Zeit δt, für welche im Momente des Beginnes die Variabeln ϑ und ω

$$\text{zwischen } \vartheta \text{ und } \vartheta + d\vartheta,\ \omega \text{ und } \omega + d\omega, \qquad \text{N)}$$

ferner die Variabeln $\xi_1 \eta_1 \ldots w_r$ für das eine stossende Molekül zwischen den Grenzen L), für das andere aber zwischen irgend welchen anderen Grenzen z. B.

$$\xi_1' \text{ und } \xi_1' + d\xi_1' \ \ldots\ w_r' \text{ und } w_r' + dw_r' \qquad \text{P)}$$

liegen,

$$f d\xi_1 \ldots dw_r f' d\xi_1' \ldots dw_r' g l^2 \sin\vartheta\, d\vartheta\, d\omega\, \delta t,$$

wobei g die relative Geschwindigkeit der Schwerpunkte der Moleküle ist. Für alle diese und nur diese Moleküle sollen im Momente des Endes des Stosses ϑ und ω zwischen den Grenzen

$$\Theta \text{ und } \Theta + d\Theta,\ \Omega \text{ und } \Omega + d\Omega, \qquad \text{N*)}$$

ferner die Variabeln $\xi_1, \eta_1 \ldots w_r$ für das erste Molekül zwischen den Grenzen

$$\Xi_1 \text{ und } \Xi_1 + d\Xi_1 \ \ldots\ W_r \text{ und } W_r + dW_r, \qquad \text{L*)}$$

für das andere aber zwischen den Grenzen

$$\Xi_1' \text{ und } \Xi_1' + d\Xi_1' \ \ldots\ W_r' \text{ und } W_r' + dW_r' \qquad \text{P*)}$$

liegen. Durch jeden dieser Zusammenstösse verliert ein Molekül den Zustand L). Im Ganzen verlieren daher in der Volumeinheit während der Zeit δt

$$\delta n = f d\xi_1 \ldots dw_r \delta t \iint \ldots f' d\xi_1' \ldots dw_r' g l^2 \sin\vartheta\, d\vartheta\, d\omega$$

Moleküle den Zustand L), wobei wieder die Integrationen über alle möglichen Werthe der Differentiale zu erstrecken sind. Die Anzahl der Zusammenstösse, welche während der Zeit δt in der

Volumeinheit so geschehen, dass im Momente ihres Beginnes die Variabeln zwischen den Grenzen L*), N*) und P*) liegen, ist

$$\delta\nu = F d\Xi_1 \ldots d W_r F' d\Xi_1' \ldots d W_r' G l^2 \sin\Theta \, d\Theta \, d\Omega \, \delta t. \qquad 76)$$

Für alle diese Zusammenstösse liegen die Variabeln im Momente des Endes zwischen den Grenzen L), N) und P), weil diese Zusammenstösse gerade umgekehrt wie die früher betrachteten verlaufen [1]. Da die Variabeln

$$\Xi_1 \ldots W_r, \; \Xi_1' \ldots W_r', \; \Theta, \; \Omega \qquad R)$$

Functionen von

$$\xi_1 \ldots w_r, \; \xi_1' \ldots w_r', \; \vartheta, \; \omega \qquad Q)$$

sind, so kann man in den Ausdruck 76) statt der ersteren auch die letztern Variabeln einführen. Es wird dann

$$G \sin\Theta d\Xi_1 \ldots d W_r' d\Theta d\Omega = g \sin\vartheta d\xi_1 \ldots d w_r' d\vartheta d\omega,$$

wie aus dem allgemeinen Theoreme folgt, das ich im 2. Abschnitte meiner Abhandlung „Über das Wärmegleichgewicht zwischen mehratomigen Gasmolekülen" bewiesen habe. In Folge dessen wird

$$\delta\nu = F F' d\xi_1 \ldots d w_r' \sin\vartheta \, g l^2 d\vartheta \, d\omega \, \delta t. \qquad 77)$$

Im Obigen wurde F, F', f' für $f(t, \Xi_1 \ldots W_r)$, $f(t, \Xi_1' \ldots W_r')$, $f(t, \xi_1' \ldots w_r')$ geschrieben. G ist die Grösse, die man erhält, wenn man in g die Variabeln Q) mit den Variabeln R) vertauscht. Im Ausdrucke 77) hat man sich überall die Variabeln R) als Functionen der Variabeln Q) ausgedrückt zu denken. Integriren wir denselben bezüglich $\xi_1' \ldots w_r'$, ϑ, ω über alle möglichen Werthe, so erhalten wir die Zahl aller Moleküle, welche in der Volumeinheit während der Zeiteinheit durch die Zusammenstösse den

[1] Natürlich sind beim Vergleich des Endzustandes eines Zusammenstosses mit dem Anfangszustande eines anderen die Plätze der Schwerpunkte beider Moleküle zu vertauschen, weil sich dieselben zu Anfang gegen einander, zu Ende aber von einander bewegen.

Zustand L) gewinnen, also die Zahl, die schon früher mit δN bezeichnet wurde. Es ist also

$$\delta N = d\xi_1 \ldots dw_r \delta t \int\int \ldots FF' g l^2 \sin \vartheta d\xi_1' \ldots dw_r' d\vartheta d\omega.$$

Setzen wir diese Werthe für δn und δN in die Gleichung 75) ein, so erhalten wir

$$\delta f = \delta t \int\int \ldots (FF' - ff') g l^2 \sin \vartheta d\xi_1' \ldots dw_r' d\vartheta d\omega,$$

und wenn wir dies in die Gleichung 74) substituiren,

$$\delta E = \delta t \int\int \ldots \log f (FF' - ff') g l^2 \sin \vartheta d\xi_1 \ldots dw_r d\xi' \ldots dw_r' d\vartheta d\omega.$$

Die Verwechslung des ersten und zweiten der zusammenstossenden Moleküle liefert, wie früher

$$\delta E = \delta t \int\int \ldots \log f' (FF' - ff') g l^2 \sin \vartheta d\xi_1 \ldots dw_r d\xi_1' \ldots dw_r' d\vartheta d\omega.$$

Führen wir in den beiden letzten Gleichungen statt der Integrationsvariabeln Q) die Variabeln R) ein, was immer möglich ist, da man in einem bestimmten Integrale statt der Integrationsvariabeln beliebige Functionen derselben einführen kann, und vertauschen dann die grossen und kleinen Buchstaben, was wieder erlaubt ist, da man in einem bestimmten Integrale die Variabeln bezeichnen kann wie man will, so erhält man die beiden Gleichungen

$$\delta E = -\delta t \int\int \ldots \log F (FF' - ff') g l^2 \sin \vartheta d\xi_1 \ldots dw_r' d\vartheta d\omega$$

$$\delta E = -\delta t \int\int \ldots \log F' (FF' - ff') g l^2 \sin \vartheta d\xi_1 \ldots dw_r d\vartheta d\omega.$$

(Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Variabeln R) dieselben Functionen der Q), wie umgekehrt die Q) von den R) sind.) Die Addition aller dieser vier Gleichungen aber liefert

$$\delta E = \frac{1}{4} \delta t \int\int \ldots \log \left(\frac{ff'}{FF'} \right) . (FF' - ff') g l^2 \sin \vartheta d\xi_1 \ldots dw_r d\vartheta d\omega,$$

woraus wieder ersichtlich ist, dass die Grösse E durch die Zusammenstösse nur abnehmen kann, und da sie durch die Bewegung der Atome in den Molekülen nicht verändert wird, so folgt, dass sie auch im Ganzen nur abnehmen kann.

Wenn die Zustandsvertheilung zu Anfang der Zeit keine gleichförmige war, so enthält die Function f auch die Coordinaten x, y, z derjenigen Stelle des Gases, für welche sie die Geschwindigkeitsvertheilung darstellt. Alsdann tritt an die Stelle von E ein etwas allgemeinerer Ausdruck. Wenn

$$f(t, x, y, z, \xi_1, \eta_1 \;.\; .\; w_r)\, dx\, dy\, dz\, d\xi_1 \;.\; .\; dw_r$$

die Zahl der Moleküle ist, welche sich zur Zeit t im Volumelemente $dx\,dy\,dz$ mit den Coordinaten x, y, z befinden, und für welche die den Zustand bestimmenden Variabeln zwischen den Grenzen L) liegen, so kann die Grösse

$$E = \int\int \;.\; .\; f \log f . \, dx\, dy\, dz\, d\xi_1 \;.\;.\;.\; dw_r \qquad 78)$$

nicht zunehmen. Um hiefür den Beweis zu liefern, wollen wir das Problem noch etwas allgemeiner auffassen. Gesetzt, wir hätten sehr viele Systeme materieller Punkte (Moleküle). Jedes derselben bestehe aus r materiellen Punkten $m_1 m_2 \;.\; .\; m_r$ (die m sollen zugleich die Massen derselben sein). Die Masse m_1 sei für alle Systeme gleich; ebenso die Masse m_2 u. s. w. x_1, y_1, z_1 seien die Coordinaten, u_1, v_1, w_1 die Geschwindigkeitscomponenten von m_1. Analoge Bedeutung haben $x_2 y_2 \;.\;.\;.$; und zwar ist es gleichgiltig, ob der Coordinatenanfangspunkt für die verschiedenen Systeme derselbe oder verschieden ist. Die Kräfte, welche auf irgend einen der materiellen Punkte wirken, seien solche Functionen der Coordinaten $x_1 y_1 z_1 x_2 \;.\;.\;.\; z_r$, dass eine Kraftfunction existirt, und zwar sei diese Kraftfunction für alle Systeme dieselbe Function von $x_1\, y_1 \,.\,.\, z_r$. Bezeichnen wir dann wieder mit $f(t\, x_1\, y_1\, z_1 \;.\;.\;.\; w_r)\, dx_1\, dy_1 \ldots dw_r$ die Anzahl der Systeme, für welche die Variabeln $x_1\, y_1\, z_1\, x_2 \ldots z_r\, u_1 \ldots w_r$ zwischen den Grenzen

$$x_1 \text{ und } x_1 + dx_1 \;.\;.\;.\; w_r \text{ und } w_r + dw_r \qquad \text{S})$$

liegen und setzen

$$E = \int\int \;.\; .\; f \log f\, dx_1\, dy_1 \;.\;.\;.\; dw_r, \qquad 79)$$

so kann genau wie früher bewiesen werden, dass sich die Grösse E durch die Bewegung der materiellen Punkte der

Systeme nicht ändert, so lange zwischen denselben nur die inneren Kräfte des betreffenden Systems thätig sind. Es soll nun auch zwischen den materiellen Punkten verschiedener Systeme Wechselwirkung stattfinden, und zwar soll die zwischen je zwei Punkten thätige Kraft Function ihrer Entfernung sein und in der Richtung ihrer Verbindungslinie wirken. Die Bedingungen, wann die Wechselwirkung zweier verschiedener Systeme beginnt, sollen so sein, dass niemals (oder doch nur höchst selten) drei Systeme gleichzeitig in Wechselwirkung kommen. Sonst aber können sie beliebig sein. (Es kann, um ein Beispiel zu geben, die Wechselwirkung zweier Systeme eintreten, so oft ein materieller Punkt des einen irgend einem des andern ungewöhnlich nahe kommt.) Die Anzahl der Paare von Systemen, welche während der Zeit δt so in Wechselwirkung kommen, dass im Momente des Beginnes der Wechselwirkung die den Zustand bestimmenden Variabeln für das eine System zwischen den Grenzen S), für das andere aber zwischen den Grenzen

$$x_1' \text{ und } x_1' + dx_1' \ldots w_r' \text{ und } w_r' + dw_r'$$

liegen, ist dann wieder

$$f(t, x_1 \ldots w_r)\, f(t, x_1' \ldots w_r')\, dx_1 \ldots dw_r\, dx_1' \ldots dw_r'\, \delta t \,.\, \varphi. \qquad 80)$$

φ ist eine Function der relativen Lage und der Geschwindigkeiten der Atome beider Systeme. Berücksichtigt man, dass diese Function wieder die allgemeine durch die Gleichung 19) meiner Abhandlung „Über das Wärmegleichgewicht mehratomiger Gasmoleküle" ausgedrückte Eigenschaft besitzen muss, so kann man ganz wie früher beweisen, dass die Grösse E durch die Wechselwirkung der verschiedenen Systeme nur abnehmen kann. Der Beweis kann auch geführt werden, wenn nicht alle Systeme gleich beschaffen sind, sondern wenn sie zwei oder mehreren Gattungen angehören, aber von jeder Gattung sehr viele Individuen vorhanden sind. (Man übersieht sofort, dass ein Gemisch von Gasmolekülen mit ungleichförmiger Geschwindigkeitsvertheilung nur ein specieller Fall hievon ist.) Wenn die Kraftfunction den Werth gz hat, findet man für einatomige Gasmoleküle $f = Ae^{-h\left(gz + \frac{mc^2}{2}\right)}$. Die bekannten Formeln für das

barometrische Höhenmesser, sowie alle aerostatischen erweisen sich also ebenfalls als specielle Fälle der Formeln für das Wärmegleichgewicht.

VI. Auflösung der Gleichung 81) und Berechnung der Entropie.

Wir haben bewiesen, dass für mehratomige Gasmoleküle im Falle des Gleichgewichts der lebendigen Kraft der Ausdruck 69) verschwinden muss, dass also für dasselbe

$$\varphi(a_1, a_2 \ldots)\varphi(a_1', a_2' \ldots) - \varphi(A_1 A_2 \ldots)\varphi(A_1' A_2' \ldots) = 0 \qquad 81)$$

sein muss für alle möglichen Werthe der Variabeln

$$a_1 a_2 \ldots a_1' a_2' \ldots A_1 A_2 \ldots A_1' A_2' \ldots A_\rho' \qquad 82)$$

Es handelt sich noch darum, eine Function φ zu finden, welche diese Gleichung erfüllt. Es ist klar, dass, wenn λ die gesammte in einem Moleküle enthaltene lebendige Kraft und Arbeit, A und h Constanten sind, der Werth $\varphi = Ae^{-h\lambda}$ nothwendig die Gleichung 81) erfüllt. Es ist dies die Lösung des Problems, welche ich schon in der Abhandlung „Über das Wärmegleichgewicht mehratomiger Gasmoleküle“ fand. Allein es wäre noch der Beweis zu liefern, dass dies die einzig mögliche Lösung der Gleichung 81) ist. Während dieser Beweis für einatomige Gasmoleküle der allerleichteste Schritt ist, so ist er hier unstreitig der schwierigste, da es hier nicht möglich ist, die verschiedenen Gleichungen, welche die Werthe der Variabeln vor und nach dem Stosse mit einander verbinden, wirklich allgemein anzugeben. Doch lässt sich wenigstens für zweiatomige Moleküle unter Voraussetzung einer bestimmten Art der Wechselwirkung der Moleküle während des Zusammenstosses beweisen, dass es die einzig mögliche Lösung ist. Nehmen wir an, jedes Molekül bestehe aus zwei Atomen. r sei ihre Distanz, $\frac{m}{2}\chi'(r)$ die Kraft, mit der sie sich anziehen, wenn das Molekül mit keinem anderen im Zusammenstosse begriffen ist, so dass

$\frac{m}{2}\chi(r)$ die Kraftfunction ist. Damit die Formeln nicht zu weitläufig werden, nehme ich an, dass alle Atome gleiche Massen haben (der allgemeinere Fall kann dann sofort in ganz analoger Weise berechnet werden). Die Summe des Werthes der Kraftfunction und der lebendigen Kraft beider Atome eines Moleküls bleibt von einem Zusammenstosse bis zum nächsten constant. Bezeichnen wir die Grösse, welche man erhält, wenn man diese Summe mit der halben Masse eines Atoms dividirt, mit a, das vierfache Geschwindigkeitsquadrat des Schwerpunktes des Moleküles mit b, und den vierfachen Flächenraum, den der vom Schwerpunkte zu einem Atome gezogene Radiusvector in der Zeiteinheit zurücklegt, mit c, so sind a, b, c die einzigen die Natur der Atombahn bestimmenden Integrationsconstanten. Die übrigen bestimmen blos deren Lage im Raume. Man kann durch die Verbindungslinie der beiden Moleküle eine Ebene so legen, dass die Geschwindigkeitscomponente w senkrecht zu dieser Ebene für beide Atome gleich ist. Diese Ebene soll die Bahnebene heissen. α sei ihr Winkel mit irgend einer fixen Ebene, β der Winkel zwischen ihrer Durchschnittslinie mit der fixen Ebene und einer in der fixen Ebene gezogenen fixen Geraden. γ sei der Winkel, welchen diejenige Geschwindigkeitscomponente des Schwerpunktes des Moleküls, welche parallel der Bahnebene ist, δ der Winkel, welchen die Apsidenlinie der Bahncurve der Atome bei ihrer Bewegung um den Schwerpunkt mit der Durchschnittslinie der Bahnebene und der fixen Ebene einschliessen. Das Gas sei nach allen Richtungen gleich beschaffen; von einem Zusammenstosse eines Moleküls bis zum nächsten sollen sehr viele Maxima und Minima der Entfernung seiner Atome (Apsidenstellungen) eintreten. Endlich soll der Winkel zweier sich folgender Apsidenlinien in keinem rationalen Verhältnisse zu π stehen (mit Ausnahme unendlich weniger specieller Bahnformen). Dann sind a, b, c, w, α, β, γ, δ die im vorigen Abschnitte mit $a_1\, a_2 \ldots a_\rho$ bezeichneten Integrationsconstanten, r ist gleich 2, $\rho = 6r - 4 = 8$, die Grösse $\varphi(a_1, a_2 \ldots a_\rho)\, da_1 \ldots da_\rho$ muss dann die Form

$$\varphi(a, b, c, w) \sin\alpha\, da\, db\, dc\, dw\, d\alpha\, d\beta\, d\gamma\, d\delta$$

haben. In Folge der Gleichberechtigung aller Richtungen im Raume kann φ die Winkel α, β, γ nicht enthalten. In Folge unserer Annahme über die Apsidenlinien sind auch alle Werthe des δ gleichberechtigt. Wir wollen jetzt blos solche Zusammenstösse der Betrachtung unterziehen, bei denen w und die Bahnebene für beide zusammenstossende Moleküle identisch sind. Die Gleichung 81) muss für alle Zusammenstösse, also auch für diese gelten. Nun wird aber α durch die Zusammenstösse nicht verändert, die Gleichung 81) verwandelt sich daher in

$$\varphi(a, b, c, w) . \varphi(a', b', c', w') = \varphi(A, B, C, w) . \varphi(A', B', C', w') \quad 83)$$

Wir wollen noch eine specielle Annahme über die Wechselwirkung zweier Moleküle während des Zusammenstosses machen. Der Stoss zweier Moleküle soll darin bestehen, dass ein Atom des einen Moleküls sich mit einem des andern wie elastische Kugeln stösst. (Wir bezeichnen die zusammenstossenden Atome als die ersten der betreffenden Moleküle.) Legen wir jetzt parallel der Verbindungslinie der Centra der stossenden Atome im Momente des Stosses eine fixe x-Axe (jene Verbindungslinie soll in die Bahnebene fallen) und senkrecht darauf aber parallel der Bahnebene eine fixe y-Axe. Im Momente des Beginnes des Zusammenstosses seien u, v die Geschwindigkeitscomponenten des ersten Atoms des ersten der beiden stossenden Moleküle in der Richtung dieser beiden Coordinatenaxen; ξ, η die Coordinaten desselben bezüglich eines Systems, das seinen Ursprung im Schwerpunkte des Moleküls hat, und dessen Axen parallel unseren fixen sind. u_1, v_1 seien die Geschwindigkeitscomponenten des zweiten Atoms des ersten Moleküls. Die Bezeichnung der auf das andere Molekül und auf den Moment des Endes des Zusammenstosses bezüglichen Grössen leiten wir hieraus in der immer gebrauchten Weise ab. Dann ist

$$\left.\begin{aligned} a &= u^2 + v^2 + u_1^2 + v_1^2 + 2w^2 + \chi \\ b &= (u + u_1)^2 + (v + v_1)^2 + 4w^2 \\ a' &= u'^2 + v'^2 + u_1'^2 + v_1'^2 + 2w'^2 + \chi' \\ b' &= (u' + u_1')^2 + (v' + v_1')^2 + 4w'^2 \end{aligned}\right\} \quad 84)$$

Durch den Zusammenstoss kehren sich blos die x-Componenten der Geschwindigkeit der stossenden Atome um; es ist also $U = u'$, $U' = u$; alle anderen grossen Buchstaben haben denselben Werth wie die entsprechenden kleinen. Es ist also

$$\begin{aligned} A &= u'^2 + v^2 + u_1^2 + v_1^2 + 2w + \chi \\ B &= (u' + u_1)^2 + (v + v_1)^2 + 4w^2 \\ A' &= u^2 + v'^2 + u_1'^2 + v_1'^2 + 2w'^2 + \chi' \\ B' &= (u + u_1')^2 + (v' + v_1')^2 + 4w'^2 \end{aligned} \qquad 85)$$

Wir wollen nun zeigen, dass, wenn beliebige Werthe der Grössen

$$a, \; b, \; c, \; a', \; b', \; c', \; w, \; w' \qquad 86)$$

gegeben sind, diejenigen von den den Zustand des Systems im Momente des Beginnes des Zusammenstosses definirenden Grössen u, v, ξ . . . , welche hiedurch noch nicht bestimmt sind, immer so gewählt werden können, dass gegebene Werthe von

$$A, \; B, \; C, \; A', \; B', \; C' \qquad 87)$$

nach dem Stosse zum Vorschein kommen, wenn nur die Grössen 86) und 87) die einzige Bedingung

$$a + a' = A + A', \qquad 88)$$

also die Gleichung der lebendigen Kraft erfüllen, dass also zwischen den Grössen 86) und 87) keine andere als diese Gleichung besteht.

Setzen wir zur Abkürzung

$$b - a - B + A = g, \; b' - a' - B' + A' = g',$$

so sind g und g' ebenfalls gegebene Grössen.

Wir finden

$$g = 2u_1(u - u'), \; g' = 2u_1'(u' - u),$$

daraus

$$u' = u - \frac{g}{2u_1}, \quad u_1' = -\frac{g'}{g}\,u_1 \tag{89}$$

und folglich

$$\begin{aligned} b - B &= (u+u_1)^2 - \left(u - \frac{g}{2u_1} + u_1\right)^2 \\ b' - B' &= \left(u - \frac{g}{2u_1} - \frac{g'}{g}\,u_1\right)^2 - \left(u - \frac{g'}{g}\,u_1\right)^2. \end{aligned} \tag{90}$$

Aus den beiden letzten Gleichungen folgt

$$b - B + b' - B' = g + g',$$

also die Gleichung der lebendigen Kraft. Diese muss erfüllt sein. Man kann dann u_1 willkürlich wählen. Die andere Gleichung 90) bestimmt u quadratisch, die Gleichungen 89) aber bestimmen u' und u_1'. Die Gleichungen 89) und 90) aber ersetzen vier der Gleichungen 84) und 85) vollkommen. Es bleiben noch die vier anderen übrig. Dazu kommen aber die Gleichungen für die c. Sie lauten:

$$\begin{aligned} c &= \xi(v - v_1) - \eta(u - u_1), \quad & c' &= \xi'(v' - v_1') - \eta'(u' - u_1') \\ C &= \xi(v - v_1) - \eta(u' - u_1), \quad & C' &= \xi'(v' - v_1') - \eta'(u - u_1'), \end{aligned} \tag{91}$$

woraus folgt

$$\eta = \frac{c - C}{u' - u}, \quad \eta' = -\frac{c' - C'}{u' - u},$$

was wieder zwei der Gleichungen 91) ersetzt, und η und η' bestimmt. Es bleiben noch vier der Gleichungen 84) und 85) und zwei der Gleichungen 91) zu erfüllen, also z. B.

$$\begin{aligned} v^2 + v_1^2 &= a - u^2 - u_1^2 - 2w^2 - \chi \\ (v + v_1)^2 &= b - (u + u_1)^2 - 4w^2 \\ v - v_1 &= \frac{1}{\xi}\,[c + \eta(u - u_1)] \end{aligned} \tag{92}$$

$$v'^2+v_1'^2=a'-u'^2-u_1'^2-2w'^2-\chi'$$

$$(v'+v_1')^2=b'-(u'+u_1')^2-4w'^2 \qquad 93)$$

$$v'-v^1 = \frac{1}{\xi'}[c'+\eta(u-u_1)]$$

in welchen Gleichungen auch die u und η als gegeben zu betrachten sind, weil wir sie durch gegebene Grössen ausdrückten. Elimirt man aus den Gleichungen 92) die v, so bleibt eine einzige Gleichung für ξ, welche dann auch die v zu bestimmen gestattet; ebenso bestimmt man aus den Gleichungen 93) ξ', v' und v_1'. Wenn also nun die Gleichung 88) erfüllt ist, so können wir jede der Variabeln ξ, η, u, v... gesondert durch die gegebenen Grössen

$$a,\ b,\ c,\ w,\ a',\ b',\ c',\ w',\ A,\ B,\ C,\ A',\ B',\ C \qquad \text{T)}$$

ausdrücken; zwischen den letzteren kann also nur die Gleichung 88) bestehen. Die Gleichung 85) muss also für alle Werthe der Variabeln T), welche die Gleichung 88) befriedigen, erfüllt sein. Es muss also φ die Form $Ae^{-h\lambda}$ haben. Dass auch w in φ nicht vorkommen darf, beweist man leicht aus den übrigen Zusammenstössen. Da schon bei den eben betrachteten Zusammenstössen u_1 völlig willkürlich war, und bei Betrachtung aller Zusammenstösse natürlich noch mehr willkürliche Grössen hineinkommen, so ist es nicht wahrscheinlich, dass für andere Wirkungsgesetze während des Zusammenstosses andere Lösungen möglich werden. Doch weiss ich vorläufig kein anderes Mittel des Beweises, als dass man jedes Wirkungsgesetz speciell behandelt.

Indem wir als sehr wahrscheinlich annehmen, dass für den Fall des Wärmegleichgewichts die Function φ immer die Form $Ae^{-h\lambda}$ haben muss, können wir jetzt die Grösse E für Körper berechnen, zwischen deren Atomen sich bereits das Wärmegleichgewicht hergestellt hat. Als den allgemein giltigen Werth für E (aus dem nicht gewisse, wegen der speciellen Natur des Problems constante Grössen weggelassen wurden) bezeichneten wir den Werth 79).

Würden wir denselben als Entropie bezeichnen, so hätte dies jedoch den Ubelstand, dass die Gesammtentropie zweier Körper durch eine Constante von der Summe der Entropie beider einzelnen verschieden wäre. Wir betrachten daher lieber folgenden, nur durch eine Constante vom Ausdrucke 79) verschiedenen:

$$E^* = \int\int \ldots f \log\left(\frac{f}{N}\right) dx_1 \ldots dw_r.$$

Hiebei ist N die gesammte Zahl der Moleküle des Gases, $f dx_1 \ldots dw_r$ die Zahl derjenigen, für welche $x_1, y_1 \ldots w_r$ zwischen den Grenzen

$$x_1 \text{ und } x_1 + dx_1 \ldots w_r \text{ und } w_r + dw_r \qquad \text{S)}$$

liegen. Setzen wir

$$dx_1 dy_1 \ldots dz_r = d\sigma, \; du_1 dv_1 \ldots dw_r = ds, \; \frac{f}{N} = f^*,$$

so hat f^* auch eine einfache Bedeutung. Es ist $f^* ds d\sigma$ die Wahrscheinlichkeit, dass ein Molekül den Zustand S) hat (die Zeit, während der es ihn hat, dividirt durch die ganze Zeit, während der es sich bewegte).

Es wird dann

$$E^* = N \int\int f^* \log f^* ds d\sigma. \qquad 94)$$

Für einatomige Gase ist, wenn N die Gesammtzahl der Moleküle des Gases, V der von ihnen eingenommene Raum, m die Masse, T die mittlere lebendige Kraft eines Atoms ist,

$$f^* = \frac{1}{V\left(\frac{4\pi T}{3m}\right)^{\frac{3}{2}}} e^{-\frac{3m}{4T}(u^2+v^2+w^2)},$$

daher

$$E^* = N \int\int \ldots f^* \log f^* dx dy dz du dv dw =$$

$$= -N \log\left[V\left(\frac{4\pi T}{3m}\right)^{\frac{3}{2}}\right] - \frac{3}{2} N,$$

was, da m und N constant sind, bis auf einen constanten Factor und Addenden mit dem Ausdrucke für die Entropie einatomiger Gase übereinstimmt. Für Gase mit r-atomigen Molekülen ist

$$f^* = Ae^{-h\left(\chi + \Sigma \frac{mc^2}{2}\right)},$$

wobei χ die Kraftfunction, $\Sigma \frac{mc^2}{2}$ die gesammte lebendige Kraft eines Moleküls ist. Dabei ist wegen $\iint f^* ds\, d\sigma = 1$

$$T = \frac{3}{2h}, \quad A = \frac{1}{\left(\frac{2\pi}{mh}\right)^{\frac{3r}{2}} \int e^{-h\chi} d\sigma}.$$

Man findet also

$$E^* = N \log A - hN \frac{\int \chi e^{-h\chi} d\sigma}{\int e^{-h\chi} d\sigma} - \frac{3}{2} rN. \tag{95}$$

Um die Beziehung der Grösse E^* zum zweiten Hauptsatze in der Form $\int \frac{dQ}{T} < 0$ zu erkennen, wollen wir uns unter einem System von r materiellen Punkten, wie wir es bis jetzt betrachteten, nicht ein Gasmolekül, sondern einen ganzen Körper vorstellen. (Wir wollen ihn das System A nennen.) Mit ihm sei während einer gewissen Zeit ein zweites System (B) materieller Punkte, also ein zweiter Körper in Wechselwirkung. Die beiden Körper können von gleicher oder verschiedener Beschaffenheit sein. Theoretisch wird der Effect der Wechselwirkung nicht blos von der Art und Weise der Einwirkung, sondern auch von den Phasen abhängen, in denen sich beide Körper im Momente des Beginnes der Wechselwirkung befinden. Hievon ist nun erfahrungsmässig nichts zu merken, was zweifellos daher rührt, dass der Effect der Phase durch die grosse Anzahl der in Wechselwirkung tretenden Moleküle compensirt wird. (Eine ähnliche Ansicht hat bereits Clausius unlängst ausgesprochen.) Um den Effect der Phase zu eliminiren, wollen wir statt eines Systems A) sehr viele (N), gleichbeschaffene, aber in verschiedenen Phasen befindliche, betrachten, die übrigens unter einander in gar keiner Wechselwirkung stehen sollen. $f(t, x_1 \ldots w_r)\, ds\, d\sigma$ sei wieder

die Zahl der Systeme mit dem Zustande S, und wir setzen $\frac{f}{N}$ gleich f^*. Auch von der Gattung (B) seien sehr viele Systeme vorhanden. Eine der Function f analoge Bedeutung für dieselben habe die Function $f'(t x_1' \ldots w_r')$. Die Functionen f^* und f' können auch discontinuirlich sein, so dass sie nur, wenn die Variabeln sehr nahe gewissen durch eine oder mehrere Gleichungen verbundenen Werthen liegen, gross, sonst aber verschwindend sind. Als diese Gleichungen können diejenigen gewählt werden, die den äusseren sichtbaren Bewegungszustand des Körpers und die in ihm enthaltene lebendige Kraft charakterisiren, wobei zu beachten ist, dass lebendige Kraft sichtbarer Bewegung in ihrer Vertheilung an die Atome so weit von der schliesslich sich bildenden stationären Vertheilung abweicht, dass sie Unendliches in E^* liefert, weshalb sie auch beim zweiten Hauptsatze als Wärme von unendlicher Temperatur zählt. Auf jedes der Systeme A) soll eines der Systeme B) wirken, und zwar soll der Beginn der Wechselwirkung mit den verschiedensten Phasen zusammenfallen. Alle Effecte, welche nicht von der Phase abhängen, müssen dann gerade so ausfallen, als ob nur ein System A) auf ein System B) in einer beliebigen Phase wirkte, und wir wissen, dass die Wärmeerscheinungen in der That nicht von der Phase abhängen. Die Function f kann dabei, sofern sie nicht durch die gesammte lebendige Kraft oder sichtbare Bewegung der Körper bedingt ist, beliebig gewählt werden. Die Wahrscheinlichkeit, dass ein System A) mit dem Zustande S) mit einem Systeme B), dessen Zustand durch ganz analoge Bedingungen gegeben ist, in Wechselwirkung tritt, ist wieder durch einen der Formel 52) ganz analogen Ausdruck gegeben, woraus wie früher bewiesen werden kann, dass die Grösse E^* nur abnehmen kann. Nach lange fortgesetzter Wechselwirkung (für das Temperaturgleichgewicht) erlangt E^* sein Minimum, was eintritt, wenn allgemein $ff' = FF'$ ist. Wenn der Körper ruht, so ist die Lösung dieser Gleichung $f^* = Ae^{-h\left(\chi + \Sigma \frac{mc^2}{2}\right)}$, wobei $f^* \, ds \, d\sigma$ die Wahrscheinlichkeit ist, dass ein System A) den Zustand S) hat. Die der Entropie aller N Systeme A) proportionale Grösse E ist wieder durch die Glei-

chung 95) gegeben. Die Entropie eines einzigen Systems A) ist daher dem Nte Theil davon, also der Grösse

$$E^{*} = \iint f^{*} \log f^{*} \, ds \, d\sigma = \log A - h \frac{\int \chi e^{-h\chi} d\sigma}{\int e^{-h\chi} d\sigma} - \frac{3r}{2}, \qquad 96)$$

proportional, was bis auf einen constanten Factor und Addenden mit dem von mir schon in der Abhandlung „Analytischer Beweis des zweiten Hauptsatzes aus den Sätzen über Wärmegleichgewicht" (s. dort Gleichung 18) gefundenen Ausdrucke übereinstimmt.

XXIII. SITZUNG VOM 24. OCTOBER 1872.

Herr Geheimrath Dr. Hermann Helmholtz zu Berlin dankt, mit Schreiben vom 16. October, für seine Wahl zum ausländischen Ehrenmitgliede der Classe.

Herr Prof. L. Gegenbauer in Krems übersendet eine Abhandlung, betitelt: „Integralausdrücke für die Functionen Y_n^m."

Herr Dr. Peyritsch legt eine Abhandlung: „Über Pelorienbildungen" vor.

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Akademie der Wissenschaften, Königl. Preuss., zu Berlin: Monatsbericht. Mai und Juni 1872. Berlin; 8°.

Apotheker-Verein, Allgem. österr.: Zeitschrift. 10. Jahrgang, Nr. 30. Wien, 1872; 8°.

Blanford, W. T., Observations on the Geology and Zoology of Abyssinia. Made during the Progress of the British Expedition to that Country in 1867—68. London, 1870; 8°.

California Academy of Sciences: Memoirs. Vol. I, Part 1. San Francisco, 1868; 4°. — Proceedings. Vol. III, Parts 1 & 5. (1863 & 1867.); Vol. IV, Parts 2—4. (1870 & 1871). San Francisco; 8°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXV, Nr. 15. Paris, 1872; 4°.

Dudley Observatory: Annals. Vol. II. Albany, 1871; 8°.

Gesellschaft, Naturforschende, in Emden: LVII. Jahresbericht. 1871. Emden, 1872; 8°.

— allgemeine Schweizerische, für die gesammten Naturwissenschaften: Neue Denkschriften. Band XXIV. (Dritte Dekade. Bd. IV.) Zürich, 1871; 4°. — Verhandlungen. 54. Jahresversammlung. Jahresbericht 1871. Frauenfeld, 1872; 8°.

Gesellschaft, Physikal.-medicin., in Würzburg: Verhandlungen. N. F. III. Band, 1. & 2. Heft. Würzburg, 1872; 8°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXIII. Jahrgang, Nr. 42. Wien, 1872; 4°.

Göttingen, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften aus d. J. 1869—1871. 4° & 8°.

Henwood, William Jory, Observations on Metalliferous Deposits, and on Subterranean Temperature etc. Parts I & II. Penzance, 1871; 8°.

Isis: Sitzungsberichte. Jahrgang 1872, Nr. 1—3. Dresden; 8°.

Museum, The Geological, of Calcutta: Memoirs. *(Palaeontologia Indica.)* Ser. VI & VII. Calcutta, 1871; 4°. — Records. Vol. VI, Parts 3 & 4. (1871.) Calcutta; kl. 4°.

Nature. Nr. 155, Vol. VI. London, 1872; 4°.

Reichsanstalt, k. k. geologische: Verhandlungen. Jahrgang 1872, Nr. 13. Wien; 4°.

„Revue politique et littéraire" et „La Revue scientifique de la France et de l'étranger". IIme Année. 2e série. Nr. 16. Paris & Bruxelles, 1872; 4°.

Societas, Regia, scientiarum Upsalensis: Nova acta. Seriei III^tiae^, Vol, VIII, Fasc. I. 1871. Upsaliae; in 4°. — Bulletin météorologique mensuel de l'Observatoire de l'Université d'Upsal. Vol. I, Nrs. 1—12; Vol. II, Nrs. 7—12; Vol. III, Nrs. 1—12. Upsal, 1871; 4°.

Société Impériale des naturalistes de Moscou: Bulletin. Année 1872. Tome XLV, 1re Partie. Moscou, 1872; 8°.

— Linnéenne du Nord de la France: Mémoires: Années 1868 & 1869. Amiens, 1870; 8°. — Bulletin mensuel. Nrs. 1—4. Juillet—Octobre 1872. Amiens; 8°.

Society, The American Philosophical: Transactions. Vol. XIV. N. S. Part III. Philadelphia, 1871; 4°. — Proceedings, Vol. XII. 2. Nr. 87. Philadelphia, 1871; 8°.

— The Royal, of Edinburgh: Transactions. Vol. XXVI, Parts II—III. For the Session 1870—71. 4°. — Proceedings. Session 1870—71. Vol. VII, Nrs. 82—83; 8°.

Upsala, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften aus d. J. 1871/2. 4° & 8°.

Verein, naturhistorischer, der preuss. Rheinlande und Westphalens: Verhandlungen. XXVIII. Jahrgang. (Dritte Folge: 8. Jahrgang) I. & II. Hälfte. 1871; XXIX. Jahrgang. (Dritte Folge: 9. Jahrg.) I. Hälfte. 1872. Bonn; 8°.

— für Erdkunde zu Dresden: VIII. und IX. Jahresbericht. Dresden, 1872; 8°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXII. Jahrgang, Nr. 42. Wien, 1872; 4°.

Integralausdrücke für die Functionen Y_n^m.

Von Leopold Gegenbauer in Krems.

Transformirt man die Differentialgleichung:

1.) $(1-x^2)y''-(m+1)xy'+n(n+m)y=0$

durch die Substitution:

2.) $2x=\xi+\xi^{-1}$,

3.) $2\sqrt{x^2-1}=\xi-\xi^{-1}$,

so verwandelt sie sich in:

4.) $\xi^2(1-\xi^2)y''-[(m+1)\xi^2+m-1]\xi y'-n(n+m)(1-\xi^2)y=0.$

Integrirt man diese Gleichung durch eine nach ξ absteigende Reihe:

5.) $y=\xi^r+\alpha_2\xi^{r-2}+\alpha_4\xi^{r-4}+\ldots$,

so liefern die bekannten Methoden die beiden particulären Integrale:

6.) $y_1=\xi^n.F\left(\frac{m}{2}, -n, -\frac{2n+m-2}{2}, \xi^{-2}\right)$,

7.) $y_2=\xi^{-(n+m)}.F\left(\frac{m}{2}, n+m, \frac{2n+m+2}{2}, \xi^{-2}\right)$,

wo mit F die hypergeometrische Reihe bezeichnet wird. Da bei einer Entwicklung nach absteigendem ξ die Function X_n^m nur die $n$te, $(n-2)$te, $(n-4)$te ..., die Function Y_n^m hingegen nur die $-(n+m)$te, $-(n+m+2)$te, $-(n+m+4)$te... Potenz von ξ enthalten kann, so müssen diese zwei particulären Integrale

bis auf constante Factoren bezüglich mit den Functionen X_n^m und Y_n^m übereinstimmen. Man hat daher die zwei Gleichungen:

$$8.)\ X_n^m = C_1 \cdot \xi^n . F\left(\frac{m}{2}, -n, -\frac{2n+m-2}{2}, \xi^{-2}\right),$$

$$9.)\ Y_n^m = C_2 . \xi^{-(n+m)} . F\left(\frac{m}{2}, n+m, \frac{2n+m+2}{2}, \xi^{-2}\right),$$

Multiplicirt man die Gleichung 8) mit x^{-n}, die Gleichung 9) mit x^{n+m} und setzt dann $x=\infty$, so erhält man, da:

$$10.)\ x^{-n} . X_n^m = \frac{m(m+2)..(m+2n-2)}{\Pi(n)}, [x=\infty],$$

$$11.)\ x^{n+m} . Y_n^m = \frac{\Pi(m+n-1)}{m(m+2)..(m+2n)}, [x=\infty]$$

ist, für die Constanten C_1 und C_2 folgende Werthe:

$$12.)\ C_1 = \frac{m(m+2)...(m+2n-2)}{2^n \Pi(n)},$$

$$13.)\ C_2 = \frac{2^{m+n}\Pi(m+n-1)}{m(m+2)..(m+2n)}.$$

Es ist also:

$$14.)\ X_n^m = \frac{m(m+2)...(m+2n-2)}{2^n \Pi(n)} . \xi^n . F\left(\frac{m}{2}, -n, -\frac{2n+m-2}{2}, \xi^{-2}\right),$$

$$15.)\ Y_n^m = \frac{2^{m+n}\Pi(m+n-1)}{m(m+2)...(m+2n)} . \xi^{-(n+m)} . F\left(\frac{m}{2}, n+m, \frac{2n+m+2}{2}, \xi^{-2}\right).$$

Die Gleichung 15.) benützen wir nun zur Ableitung eines Integralausdruckes für die Function Y_n^m.

Sind α und β zwei positive Zahlen, so ist bekanntlich:

$$16.)\quad \int_0^1 z^{\alpha-1}.(1-z)^{\beta-1}.(1-z\xi^{-2})^{-(n+m)}\,.\,dz = \frac{\Pi(\alpha-1)\,\Pi(\beta-1)}{\Pi(\alpha+\beta-1)}\,.\,F(m+n,\alpha,\alpha+\beta,\xi^{-2}).$$

Setzt man in dieser Gleichung:

$$17.)\quad \alpha=\frac{m}{2};\ \beta=n+1,$$

so verwandelt sie sich in:

$$18.)\quad \int_0^1 z^{\frac{m}{2}-1}.(1-z)^n.(1-z\xi^{-2})^{-(n+m)}\,.\,dz = \frac{2^{n+1}\Pi(n)}{m(m+2)\ldots(m+2n)}.F\left(\frac{m}{2},m+n,\frac{2n+m+2}{2},\xi^{-2}\right).$$

Multiplicirt man diese Gleichung mit dem Ausdrucke:

$$\frac{2^{m-1}.\Pi(m+n-1)}{\Pi(n)}\,.\,\xi^{-(n+m)},$$

so verwandelt sich die rechte Seite in Y_n^m und man hat daher:

$$19.\quad Y_n^m=\frac{2^{m-1}\,\Pi(m+n-1)}{\Pi(n)}\int_0^1 z^{\frac{m}{2}-1}(1-z)^n\left(\xi-\frac{z}{\xi}\right)^{-(n+m)}.dz.$$

Durch die Substitution:

$$20.)\quad z=\frac{u-1}{u+1}$$

geht diese Gleichung über in:

$$21.)\quad Y_n^m=\frac{2^{n+m}\,\Pi(m+n-1)}{\Pi(n)}\int_1^\infty \frac{(u^2-1)^{\frac{m}{2}-1}.du}{[\xi+\xi^{-1}+u(\xi-\xi^{-1})]^{n+m}},$$

oder

$$22.)\quad Y_n^m = \frac{\Pi(m+n-1)}{\Pi(n)} \int_1^\infty \frac{(u^2-1)^{\frac{m}{2}-1} . du}{[x+u\sqrt{x^2-1}]^{n+m}}.$$

Setzt man endlich:

$$23.)\quad u = \cos it,$$

so erhält man schliesslich:

$$24.)\quad Y_n^m = (-i)^{m-1} \frac{\Pi(m+n-1)}{\Pi(n)} \int_0^\infty \frac{(\sin it)^{m-1} . dt}{[x+\cos it\sqrt{x^2-1}]^{m+n}}.$$

Um ein neues Integral für Y_n^m zu finden, setzen wir:

$$\cos iv = \frac{x\cos it + \sqrt{x^2-1}}{x+\cos it\sqrt{x^2-1}}$$

$$-i\sin iv = \frac{-i\sin it}{x+\cos it\sqrt{x^2-1}}$$

$$x - \cos iv\sqrt{x^2-1} = \frac{1}{x+\cos it\sqrt{x^2-1}}$$

$$dv = \frac{dt}{x+\cos it\sqrt{x^2-1}}$$

$$\left[\frac{\sin iv}{x-\cos iv\sqrt{x^2-1}}\right]^{m-1} = (\sin it)^{m-1}.$$

Es ist alsdann:

$$25.)\quad Y_n^m = (-i)^{m-1} \frac{\Pi(m+n-1)}{\Pi(n)}$$

$$\int_0^{\log\sqrt{\frac{x+1}{x-1}}} (x-\cos iv\sqrt{x^2-1})^n . (\sin iv)^{m-1} dv,$$

wo die obere Grenze den Logarithmus der mit positivem reellen Theile genommenen Wurzelgrösse bezeichnet, dessen lateraler Theil $< \frac{1}{2}\pi$ ist.

Ist x rein lateral, so kann man dem Integrale 25.) eine andere Gestalt geben. Setzt man nämlich in diesem Falle:

$$x = iy$$

$$\cos v = \frac{y \cos it + \sqrt{y^2+1}}{y + \cos it \sqrt{y^2+1}}$$

$$\sin v = \frac{\sin it}{i(y + \cos it \sqrt{y^2+1})}$$

$$y - \cos v \sqrt{y^2+1} = \frac{-1}{y + \cos it \sqrt{y^2+1}}$$

$$dv = \frac{dt}{y + \cos it \sqrt{y^2+1}}$$

$$\left(\frac{\sin v}{y - \cos v \sqrt{y^2+1}}\right)^{m-1} = (i \sin it)^{m-1},$$

so verwandelt sich die Gleichung 24.) in:

$$26.)\quad Y_n^m(iy) = (-1)^m . i^{m+n} \frac{\Pi(m+n-1)}{\Pi(n)} \int_0^{\mathrm{arc\,cotang}\, y} (y - \cos v \sqrt{y^2+1})^n . (\sin v)^{m-1} . dv.$$

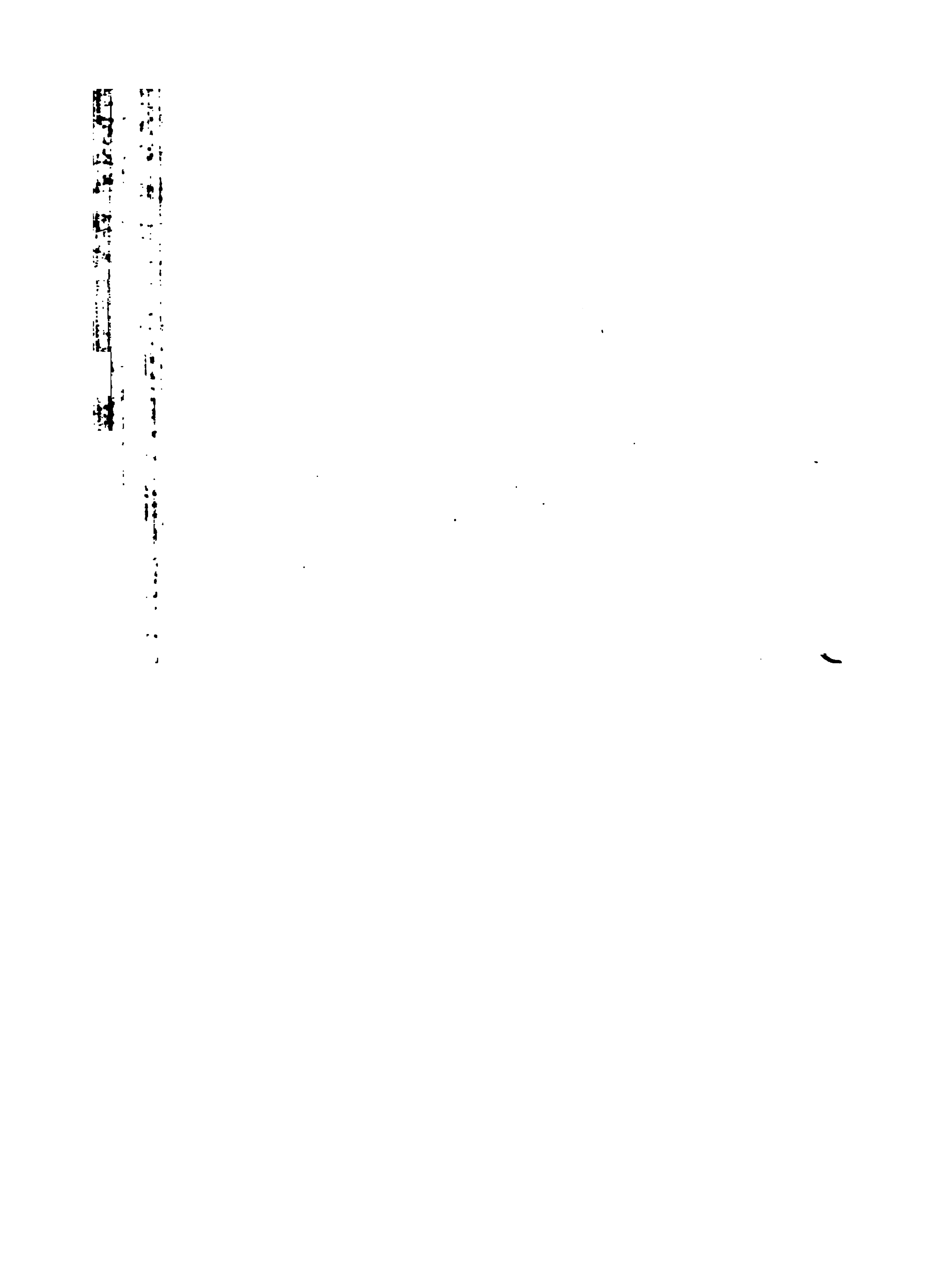
Schliesslich mag noch erwähnt werden, dass wir in unseren obigen Entwicklungen voraussetzten, dass x und $\sqrt{x^2-1}$ mit demselben Zeichen genommen werden.

Setzt man in der Gleichung 24.), 25.) und 26.) $m = 1$, so erhält man die bekannten Formeln:

$$27.)\quad Q^n = \int_0^\infty \frac{dt}{[x + \cos it \sqrt{x^2-1}]^{n+1}},$$

28.) $$Q^n = \int_0^{\log\sqrt{\frac{x+1}{x-1}}} (x - \cos iv \sqrt{x^2-1})^n . dv,$$

29.) $$Q^n(iy) = -i^{n+1} \int_0^{arc\,cotang\,y} (y - \cos v \sqrt{y^2+1})^n . dv.$$



SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

LXVI. Band.

ZWEITE ABTHEILUNG.

9.

Enthält die Abhandlungen aus dem Gebiete der Mathematik, Physik, Chemie, Mechanik, Meteorologie und Astronomie.

XXIV. SITZUNG VOM 7. NOVEMBER 1872.

Herr Prof. Dr. Eduard Linnemann in Brünn dankt, mit Schreiben vom 1. November, für seine Wahl zum correspondirenden Mitgliede der Akademie.

Herr Prof. Dr. Th. Ritter v. Oppolzer legt eine Abhandlung vór, betitelt: „Nachweis für die im Berliner Jahrbuche für 1875 enthaltenen Ephemeriden der Planeten (58) Concordia, (59) Elpis, (62) Erato, (64) Angelina und (113) Amalthea".

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Académie Impériale des Sciences de St. Pétersbourg: Mémoires. VIIe Série. Tome XVI, Nrs. 9—14 (1871); Tome XVII, Nrs. 1—12 (1872); Tome XVIII, Nrs. 1—7 (1872). St. Pétersbourg; 4°. — Bulletin. Tome XVI, Nrs. 2—6 (1871); Tome XVII, Nrs. 1—3 (1871—72). St. Pétersbourg; 4°.

Accademia, Reale, dei Lincei: Atti. Tomo XXV., Anno XXV., Sessione 1^a—3^a. Roma, 1871—72; 4°.

Akademie der Wissenschaften, Königl. Schwedische: Handlingar. Ny Följd. VII. Bd. 2. Hft. (1868); VIII. Bd. (1869); IX. Bd. (1870). Stockholm, 1869—1871; 4°. — Öfversigt. XXVI. & XXVII. Årgången. Stockholm, 1870 & 1871; 8°. — Lefnadsteckningar. Bd. I, Hft. 2. Stockholm, 1870; 8°. — Meteorologiska Jakttagelser i Sverige. IX--XI. Bd. 1867—1869. Stockholm, 1869—1871; Quer-4°. — Carlson, F.F., Minnesteckning öfver Erik Gustaf Geijer. Stockholm, 1870; 8°.

Academy, The Wisconsin, of Sciences, Arts, and Letters: Bulletin. Nrs. 2—5. Madison. 1871; 8°. — Act of Incorporation. 8°.

Apotheker-Verein, Allgem, österr.: Zeitschrift. 10. Jahrg., Nr. 31. Wien, 1872; 8°.

Astronomische Nachrichten. Nr. 1908—1909. (Bd. 80. 12—13.) Altona, 1872; 4°.

Bericht über den Handel, die Industrie und die Verkehrsverhältnisse in Nieder-Österreich während des Jahres 1871. Erstattet von der Handels- und Gewerbekammer in Wien. Wien, 1872; 8°.

Gesellschaft, physikalische, zu Berlin: Die Fortschritte der Physik im Jahre 1868. XXIV. Jahrgang, 1. & 2. Abtheilung. Berlin, 1872; 8°. — Namen- und Sach-Register zu den Fortschritten der Physik. Band I bis XX. Berlin, 1872; 8°.

— naturforschende, in Bern: Mittheilungen aus den Jahren 1870 und 1871. Nr. 711—791. Bern, 1871 & 1872; 8°.

— der Wissenschaften, k. dänische: Skrifter. 5 Raekke, naturvidensk. og mathem. Afd. IX. Bd. 5. Kjøbenhavn, 1871; 4°. — Oversigt i Aaret 1871, Nr. 2. Kjøbenhavn; 8°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXIII. Jahrgang. Nr. 43—44. Wien, 1872; 4°.

Hayden, F. V., Preliminary Report of the United States Geological Survey of Montana and Portions of adjacent Territories etc. Washington, 1872; 8°. — On the Yellowstone Park. 8°.

Institut Egyptien: Mémoires ou travaux originaux. Tome Ier. Paris, 1862; 4°. — Bulletin. Années 1859—1871, Nrs. 1—11. Alexandrie, 1859—1872; 8°.

Jahrbuch, Neues, für Pharmacie und verwandte Fächer, von F. Vorwerk. Band XXXVIII, Heft 2. Speyer, 1872; 8°.

Journal für praktische Chemie, von H. Kolbe. N. F. Band VI, 3. Heft. Leipzig, 1872; 8°.

Landbote, Der steirische. 5. Jahrg, Nr. 22. Graz, 1872; 4°.

Landwirthschafts-Gesellschaft, k. k.; in Wien: Verhandlungen und Mittheilungen. Jahrgang 1872, Nr. 20—21. Wien; 8°.

Lüttich, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften aus d. J. 1868—1869. 8° & 4°.

Nature. Nrs. 156—157, Vol. VI. London, 1872; 4°.

Report, Annual, of the Board of Supervisors of the Louisiana State University, for the Year ending December 31, 1870. Session of 1871. New Orleans, 1871; 8°.

„Revue politique et littéraire" et „La Revue scientifique de la France et de l'étranger. IIe Année, 2e Série, Nrs. 17—18. Paris & Bruxelles, 1872; 4°.

Riccardi, P., Biblioteca matematica Italiana. Fasc. 4°. Modena· 1872; 4°.

• Society, The Wisconsin State Agricultural: Transactions. Vol. VIII & IX. (1869 & 1870.) Madison, 1870—71; 8°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXII. Jahrgang, Nr. 43—44. Wien, 1872; 4°.

Young, Edward, Special Report on Immigration; accompanying Information for Immigrants etc. Washington, 1872; 8°.

Nachweis für die im Berliner Jahrbuche für 1875 enthaltenen Ephemeriden der Planeten (58) Concordia, (59) Elpis, (62) Erato, (64) Angelina und (113) Amalthea.

Von dem c. M. Prof. **Theodor R. v. Oppolzer.**

Ich habe im LXIV. Bande, October-Heft der Sitzungsberichte die Grundlagen veröffentlicht, die mir zur Ableitung der von mir im Berliner Jahrbuche für 1874 veröffentlichten Planeten-Ephemeriden dienten und gebe nun die Fortsetzung der in dieser Richtung unternommenen Arbeiten. Vorerst will ich vorausschicken, dass ich die Bearbeitung des Planeten (91) Ägina nicht weiter geführt habe, indem für diesen verlorenen Planeten nur seine Wiederauffindung erstrebt werden sollte, und nachdem dieses Ziel erreicht wurde, meine Rechnungen ihren Abschluss gefunden haben; es erübrigte daher nur für die fünf oben genannten Planeten das seitdem gewonnene Rechnungsmaterial hier übersichtlich zusammenzustellen.

I. (58) Concordia.

Für die weiteren Rechnungen dienten mir die folgenden, fünf beobachteten Oppositionen zwischen den Jahren 1860 und 1867 angeschlossenen, Elemente.

(58) Concordia.

Epoche, Oscul. und mittl. Äquinoct. 1865 Jän. 7·0 Berl. Zeit.

L	= 210°34′ 9″2	Vgl. Oppolzer LVII. Bd. der Sitzungsber. II. Abth. Märzheft 1868.
M	= 21 24 4·2	
π	= 189 10 5·0	
☊	= 161 19 50·3	
i	= 5 1 50·5	
φ	= 2 26 21·8	
μ	= 799″59642	
$\log a$	= 0·4314238.	

Die Darstellung der Oppositionen durch dieses System gestaltet sich wie folgt:

	$d\alpha$	$d\delta$	
1860 April 19·5	—0″3	+0″2	
1864 Febr. 6·5	+0·4	—0·2	
1865 Mai 23·5	—0·1	—0·6	
1866 Sept. 16·5	+0·2	0·0	
1867 Dec. 15·5	—0·3	—0·6	
1869 April 5·5	—2″2	—0″2	(vorausberechnet).
1870 Juli 24·5	—2″9	—0″1	(vorausberechnet).

Eine Beobachtung aus dem Jahre 1871 ist mir bisher nicht bekannt geworden.

Um die Ephemeriden für das Jahr 1873 herzustellen, konnten die Störungswerthe, die ich in der oben citirten Abhandlung (Nachweis für das Jahrbuch 1874) mitgetheilt habe, benützt werden. Es finden sich zunächst die Störungswerthe für 1873 Febr. 14·0.

	♃	♄
dL	+0′17″0	+ 33″5
$d\pi$	—3°41′35″0	— 2′ 3″0
d☊	—9 7·2	— 12·2
di	+29·3	+ 0·1
$d\varphi$	+8 16·2	— 3·9
$d\mu$	—0″470	+0″012

und hiemit die folgenden Zahlen:

Angewandte Elemente.

Epoche und Osculation 1873 Febr. 14·0 Berl. Zeit
mittl. Äq. 1870·0.

$$L = 148° \ 5' 55"3$$
$$M = 322 \ 35 \ 18·0$$
$$\pi = 185 \ 30 \ 37·3$$
$$\Omega = 161 \ 14 \ 35·5$$
$$i = 5 \ 2 \ 17·5$$
$$\varphi = 2 \ 34 \ 34·1$$
$$\mu = 799"138$$
$$\log a = 0·431590$$

$$x = [0·431412] \sin (E + 275°34'19"7) + 0·120797$$
$$y = [0·407662] \sin (E + 186 \ 7 \ 51·8) + 0·012273$$
$$z = [9·938287] \sin (E + 180 \ 48 \ 19·0) + 0·000548.$$

(58) Concordia 1873.

Jahresephemeride.

0h Berl. Zeit	A. R.	Decl.	log Δ	log r
Jän. 5	10h 8m0	+ 8°10'	0·265	0·418
„ 25	9 59·3	+ 9 17	0·225	0·417
Febr. 14	9 43·4	+11 16	0·209	0·416
März 6	9 27·9	+13 18	0·223	0·415
„ 26	9 20·0	+14 41	0·260	0·414
April 15	9 22·8	+15 8	0·308	0·413
Mai 5	9 34·9	+14 41	0·357	0·413
„ 25	9 54·1	+13 29	0·402	0·412
Juni 14	10 18·2	+11 39	0·442	0·412
Juli 4	10 45·5	+ 9 17	0·476	0·412
„ 24	11 14·9	− 6 31	0·503	0·412
Aug. 13	11 45·7	− 3 28	0·525	0·412
Sept 2	12 17·7	− 0 14	0·540	0·412
„ 22	12 50·6	− 3 5	0·550	0·412
Oct. 12	13 24·2	− 6 16	0·554	0·413
Nov. 1	13 58·5	− 9 17	0·552	0·413
„ 21	14 33·2	−12 [illegible]	0·544	0·414
Dec. 11	15 8·7	−14 27	0·530	0·414
„ 31	15 42·8	−16 4	0·510	0·415

(58) Concordia 1873.

Oppositionsephemeride.

2ʰ m. Berl. Zeit	α	δ	log Δ	Abrrzt.
1873 Jänn. 25	9ʰ58ᵐ59ˢ60	+ 9°19′49″7	0·224149	13ᵐ55ˢ
26	9 58 18·74	+ 9 24 53·8	0·223035	13 52
27	9 57 36·80	+ 9 30 5·7	0·221685	13 49
28	9 56 53·83	+ 9 35 25·1	0·220399	13 47
29	9 56 9·89	+ 9 40 51·5	0·219179	13 45
30	9 55 25·03	+ 9 46 24·6	0·218026	13 42
31	9 54 39·30	+ 9 52 4·1	0·216942	13 40
Febr. 1	9 53 52·77	+ 9 57 49·6	0·215928	13 38
2	9 53 5·49	+10 3 40·6	0·214985	13 37
3	9 52 17·53	+10 9 36·9	0·214114	13 35
4	9 51 28·94	+10 15 38·1	0·213316	13 34
5	9 50 39·79	+10 21 43·8	0·212591	13 32
6	9 49 50·15	+10 27 53·6	0·211940	13 31
7	9 49 0·06	+10 34 6·9	0·211364	13 30
8	9 48 9·60	+10 40 23·3	0·210862	13 29
9	9 47 18·83	+10 46 42·6	0·210436	13 28
10	9 46 27·80	+10 53 4·3	0·210086	13 27
11	9 45 36·58	+10 59 28·1	0·209812	13 27
12	9 44 45·23	+11 5 53·6	0·209614	13 27
☍ 13	9 43 53·83	+11 12 20·2	0·209492	13 26
14	9 43 2·44	+11 18 47·6	0·209447	13 26
15	9 42 11·13	+11 25 15·3	0·209479	13 26
16	9 41 19·97	+11 31 42·9	0·209587	13 27
17	9 40 29·01	+11 38 10·2	0·209771	13 27
18	9 39 38·33	+11 44 36·6	0·210031	13 27
19	9 38 47·97	+11 51 1·8	0·210367	13 28
20	9 37 58·00	+11 57 25·4	0·210777	13 29
21	9 37 8·50	+12 3 47·1	0·211262	13 30
22	9 36 19·54	+12 10 6·4	0·211821	13 31
23	9 35 31·19	+12 16 22·9	0·212453	13 32
24	9 34 43·51	+12 22 36·3	0·213158	13 33
25	9 33 56·55	+12 28 46·1	0·213934	13 35
26	9 33 10·38	+12 34 52·1	0·214780	13 36
27	9 32 25·07	+12 40 53·8	0·215696	13 38
28	9 31 40·67	+12 46 50·8	0·216681	13 40
März 1	9 30 57·24	+12 52 42·9	0·217733	13 42
2	9 30 14·84	+12 58 29·6	0·218852	13 44

(58) ☍ ☉ Febr. 12; 18ʰ

Lichtstärke = 1·21

Grösse = 11·4

II. (59) Elpis.

Über die Elemente dieses Planeten wurden die folgenden Annahmen gemacht.

(59) Elpis.

Epoche, Osculation und mittl. Äquinoct. 1865 Jän. 7·0 m. Berl. Zeit.

$L = 352°37'40"7$
$M = 334\ 18\ 57·1$
$\pi = 18\ 18\ 43·6$
$\Omega = 170\ 20\ 26·9$
$i = 8\ 37\ 14·6$
$\varphi = 6\ 44\ 2·7$
$\mu = 793"97881$
$\log a = 0·4334651.$

Vgl. Oppolzer LXI. Bd. der Sitzungsber. II. Abth. Mai-Heft 1870.

Diese Elemente lassen in den bisber beobachteten Oppositionen als Fehler finden:

		$d\alpha$	$d\delta$	
1860	Sept. 27·5	+1"7	+1"2	
1862	Febr. 20·5	—1·5	+1·6	
1863	Mai 9·5	+0·9	+0·2	
1864	Juli 24·5	—2·6	—0·6	
1865	Dec. 12·5	—1·3	—0·4	
1867	März 15·5	+1·7	—0·9	
1868	Juni 9·5	+0·3	+0·9	
1869	Oct. 3·5	+0·6	+0·6	
1871	Febr. 7·5	+7"8	—0"3	vorausberechnet.
1872	April 25·5	+5"2	+0"7	vorausberechnet.

Die Störungswerthe finden sich nach der bei der Anführung der Elemente citirten Abbandlung für 1873 August 3·0 Berl. Zeit.

	♃	♄
ΔL	— 2'24"86	—18·85
$\Delta\pi$	—49 37·25	—38·46
$\Delta\Omega$	— 6 29·02	—18·68
Δi	— 2·48	— 0·31
$d\varphi$	+ 6 35·08	— 9·70
$\Delta\mu$	+ 0" 0428	—0"0140

und hiemit zur Berechnung der Ephemeriden:

Angewandte Elemente.

Epoche und Osculation 1873 August 3·0 m. Berl. Zeit.
mittl. Äquinoct.: 1870·0

$$L = 322°58'20"9$$
$$M = 305\ 25\ 42·8$$
$$\pi = 17\ 32\ 38·1$$
$$☊ = 170\ 17\ 48·5$$
$$i = 8\ 37\ 9·4$$
$$\varphi = 6\ 50\ 28·1$$
$$\mu = 794"0076$$
$$\log a = 0·438455.$$

$$x = [0·433032] \sin (E+107°32'\ 0"6)—0·307855$$
$$y = [0·415688] \sin (E+\ 18\ \ 9\ 32·4)—0·096680$$
$$z = [9·844240] \sin (E+\ 12\ 20\ \ 8·5)—0·017778.$$

(59) Elpis 1873.

Jahresephemeride.

0ʰ Berl. Zeit			A. R.	Decl.	log Δ	log r
1873	Jän.	5	17ʰ57ᵐ4	—17° 0'	0·572	0·449
	„	25	18 31·6	—16 40	0·557	0·445
	Febr.	14	19 4·9	—15 48	0·536	0·441
	März	6	19 36·2	—14 29	0·508	0·437
	„	26	20 4·8	—12 50	0·473	0·433
	April	15	20 29·7	—10 59	0·431	0·429
	Mai	5	20 49·7	— 9 10	0·383	0·425
	„	25	21 3·4	— 7 36	0·331	0·421
	Juni	14	21 9·3	— 6 39	0·277	0·417
	Juli	4	21 5·6	— 6 38	0·229	0·413
	„	24	20 53·2	— 7 45	0·196	0·410
	Aug.	13	20 37·2	— 9 47	0·190	0·405
	Sept.	2	20 25·1	—12 2	0·211	0·401
	„	22	20 22·6	—13 51	0·252	0·398
	Oct.	12	20 30·9	—14 53	0·300	0·395
	Nov.	1	20 48·7	—15 4	0·349	0·391
	„	21	21 13·2	—14 24	0·392	0·388
	Dec.	11	21 42·4	—12 59	0·431	0·386
	„	31	22 14·8	—10 53	0·462	0·383

(59) Elpis 1873.

Oppositionsephemeride.

12h m. Berl. Zeit			α	δ	log Δ	Abrrzt.
1873	Juli	16	20h 58m 40s·13	− 7°12′ 1″9	0·205891	13m 20s
		17	20 57 59·58	− 7 15 55·4	0·204414	13 17
		18	20 57 18·09	− 7 19 58·7	0·202997	13 14
		19	20 56 35·71	− 7 24 11·6	0·201642	13 12
		20	20 55 52·49	− 7 28 34·0	0·200349	13 10
		21	20 55 8·46	− 7 33 5·8	0·199121	13 8
		22	20 54 23·68	− 7 37 46·8	0·197957	13 5
		23	20 53 38·21	− 7 42 36·7	0·196859	13 3
		24	20 52 52·11	− 7 47 35·4	0·195828	13 1
		25	20 52 5·42	− 7 52 42·6	0·194866	13 0
		26	20 51 18·21	− 7 57 58·1	0·193974	12 58
		27	20 50 30·54	− 8 3 21·6	0·193151	12 57
		28	20 49 42·47	− 8 8 52·7	0·192398	12 55
		29	20 48 54·05	− 8 14 31·1	0·191717	12 54
		30	20 48 5·36	− 8 20 16·6	0·191108	12 53
		31	20 47 16·46	− 8 26 8·8	0·190571	12 52
	August	1	20 46 27·41	− 8 32 7·4	0·190107	12 51
	☍	2	20 45 38·28	− 8 38 12·1	0·189717	12 50
		3	20 44 49·12	− 8 44 22·5	0·189401	12 50
		4	20 44 0·00	− 8 50 38·3	0·189158	12 50
		5	20 43 10·97	− 8 56 59·1	0·188989	12 49
		6	20 42 22·11	− 9 3 24·6	0·188893	12 49
		7	20 41 33·46	− 9 9 54·4	0·188870	12 49
		8	20 40 45·09	− 9 16 28·2	0·188920	12 49
		9	20 39 57·06	− 9 23 5·6	0·189043	12 49
		10	20 39 9·42	− 9 29 46·4	0·189239	12 50
		11	20 38 22·24	− 9 30 30·1	0·189508	12 50
		12	20 37 35·58	− 9 43 16·4	0·189849	12 50
		13	20 36 49·49	− 9 50 5·0	0·190261	12 51
		14	20 36 4·04	− 9 56 55·5	0·190745	12 52
		15	20 35 19·28	−10 3 47·6	0·191300	12 53
		16	20 34 35·27	−10 10 40·8	0·191925	12 54
		17	20 33 52·06	−10 17 34·9	0·192619	12 56
		18	20 33 9·73	−10 24 29·4	0·193382	12 57
		19	20 32 28·31	−10 31 24·0	0·194213	12 59
		20	20 31 47·86	−10 38 18·3	0·195110	13 0
		21	20 31 8·43	−10 45 12·1	0·196073	13 2

(59) ☍ ☉ August 3; 5h

Lichtstärke = 1·38

Grösse = 10·5

III. (62) Erato.

Über diesen Planeten enthält der oben citirte Nachweis für die im Berliner Jahrbuche 1874 etc. etc. die für das Jahr 1873 berechneten Ephemeriden.

IV. (64) Angelina.

Die zur Rechnung dienenden Elemente sind:

(64) Angelina.

Epoche, Osculation und mittl. Äquin. 1865 Jän. 7·0 m. Berl. Zeit.

$L = 119°24'25"8$
$M = 335\ 46\ 58·1$
$\pi = 123\ 37\ 27·7$
$\Omega = 311\ 10\ 13·3$
$i = 1\ 19\ 54·3$
$\varphi = 7\ 21\ 54·7$
$\mu = 808"31196$
$\log. a = 0·4282850.$

Vgl. Oppolzer LX. Bd. der Sitzungsber. II. Abth. Oct.-Heft 1869.

Der Anschluss an die bisher beobachteten Oppositionen stellt sich wie folgt:

			$d\alpha$	$d\delta$	
1861	März	28·5	+0"8	+0"6	
1863	Sept.	26·5	−2·5	+0·3	
1865	Jän.	28·5	+1·2	+0·2	
1866	Mai	26·5	−2·2	+0·1	
1867	Aug.	24·5	+3·6	+1·6	
1868	Dec.	2·5	−1·0	−0·8	
1870	April	17·5	−1·2	+0·1	(vorausberechnet).
1871	Juli	16·5	+4·2	−1·0	(vorausberechnet).

Die Störungswerthe finden sich nach der bei der Anführung der Elemente citirten Abhandlung bis 1874·0 fortgeführt, da aber eine Opposition in dem Jahre 1873 für Angelina nicht eintritt, so habe ich die folgende Jahresephemeride nur mit beiläufiger Rücksicht auf die Störungen abgeleitet und gefunden:

(64) Angelina 1873.

Jahresephemeride.

0ʰ Berl. Zeit		A. R.	Decl.	log Δ	log r
Jän.	5	1ʰ 4ᵐ6	+ 8°28'	0·375	0·417
„	25	1 23·5	+10 12	0·417	0·413
Febr.	14	1 48·2	+12 25	0·453	0·408
März	6	2 17·1	+14 52	0·483	0·404
„	26	2 49·5	+17 21	0·505	0·400
April	15	3 24·9	+19 38	0·522	0·395
Mai	5	4 2·6	+21 34	0·532	0·391
„	25	4 42·3	+23 2	0·537	0·388
Juni	14	5 23·2	+23 54	0·536	0·384
Juli	4	6 4·9	+24 7	0·530	0·381
„	24	6 46·6	+23 38	0·520	0·378
Aug.	13	7 27·4	+22 29	0·504	0·376
Sept.	2	8 6·7	+20 46	0·482	0·373
„	22	8 43·8	+18 34	0·455	0·372
Oct.	12	9 18·0	+16 5	0·422	0·371
Nov.	1	9 48 6	+13 31	0·382	0·370
„	21	10 13·9	+11 6	0 335	0·370
Dec.	11	10 32·8	+ 9 7	0·282	0·370
„	31	10 42·9	+ 7 54	0·228	0·371

V. (113) Amalthea.

Meine aus den Beobachtungen der ersten Opposition abgeleiteten Elemente liessen den Planeten Amalthea sehr leicht in der zweiten Opposition auffinden, da der Fehler der Vorausberechnung ein sehr geringer war; indem ich die im Nachweis fürs Berl. Jahrb. 1874 veröffentlichte Ephemeride benützte, finde ich die folgenden Unterschiede zwischen der Beobachtung und Rechnung:

				$d\alpha$	$d\delta$
1872	Aug.	4	Pola	—4ˢ25	—30ʺ1
	„	5	„	—4·82	—30·0
	„	6	„	—3·85	—21·3
	„	13	Bilk	—3·93	—33·0
	„	14	„	—4·18	—27·5
Im Mittel....				—4ˢ21	—28·4

Ich bildete nun mir mit Hilfe dieser Zahlen und den Ephemeridenorten einen neuen Normalort für die zweite Opposition und benützte für die weitere Bahnbestimmung diesen Ort nebst den vier Normalorten, die ich mir aus den Beobachtungen der ersten Opposition gebildet hatte; bezieht man alles auf das mittlere Äquinoctium und die Ekliptik 1870·0, befreit jedoch die Orte nicht vom Einflusse der Störungen, so erhält man als Grundlage für die weitere Rechnung

			λ	β
1871	März	15·5	176°23'51"7	+7°20'56"4
	April	24·5	169 21 8·9	+7 25 4·7
	Juni	3·5	173 57 43·0	+6 10 52·5
	Juli	13·5	187 8 57·2	+5 1 36·0
1872	Aug.	8·5	331 23 30·6	−3 12 1·1.

Die rechtwinkeligen Ekliptikalstörungen in Einheiten der sechsten Decimale, bewirkt durch Jupiter und Saturn, entlehne ich meiner ersten Abhandlung über diesen Planeten und setze sofort neben dieselben die Sonnencoordinaten, für welche $Z = o$ gesetzt werden durfte, da ich die kleinen Sonnenbreiten auf die bekannte Weise durch entsprechende Correction in den Breiten der Normalorte streng eliminirt habe; das Äquinoctium ist wieder 1870·0.

			dx	dy	dz	X	Y
1871	März	15·5	+ 1	0	0	+0·991318	−0·087913
	April	24·5	+ 1	0	0	+0·831575	+0·566980
	Juni	3·5	+ 6	− 4	0	+0·299209	+0·969576
	Juli	13·5	+ 17	− 13	−1	−0·364614	+0·948832
1872	Aug.	8·5	+374	−761	−2	−0·736271	+0·696479

Meine in der ersten Abhandlung zuletzt angeführten Elemente lassen zufolge sechsstelliger Rechnung in den obigen Orten die folgenden Fehler im Sinne Beobachtung—Rechnung übrig:

			$d\lambda \cos\beta$	$d\beta$
1871	März	15·5	0"0	+0"1
	April	24·5	− 0"3	−2·5
	Juni	3·5	0"0	−2·2
	Juli	13·5	− 0"3	0·0
1872	Aug.	8·5	−66"7	−3·8.

Um diese Fehler möglichst wegzuschaffen, habe ich die Bedingungsgleichungen gesucht, die sich zwischen den Elementen und den geocentrischen Orten aufstellen lassen, und indem ich statt der Elemente: die Länge des Perihels (π) und der Excentritätswinkel (φ), die zwei anderen

$$\Phi = \frac{\sin\varphi}{\sin 1''} \sin\pi$$

$$\Psi = \frac{\sin\varphi}{\sin 1''} \cos\pi$$

einführte und überdies, um die Coëfficienten homogener zu machen, die folgenden Relationen (logarithmisch) aufstellte,

$$a = [9\cdot1310] d\Omega \qquad d = [0\cdot6074] d\Phi$$
$$b = [0\cdot1653] di \qquad e = [0\cdot2468] d\Psi$$
$$c = [0\cdot3321] dL \qquad f = [2\cdot8783] d\mu$$

erhielt ich die folgenden logarithmisch angesetzten Bedingungsgleichungen, in welchen die Fehlereinheit 100″ verstanden ist.

Für die Längen.

8_n1611a	$+8_n7177b$	$+0\cdot0000c$	$+0\cdot0000d$	$+8_n9903e$	$+8_n7567f$	=	$-\infty$
8_n2339	8_n7852	$9\cdot9234$	$9\cdot9297$	$8\cdot1335$	8_n7403	=	7_n4771
8_n3547	8_n6667	$9\cdot7900$	$9\cdot7980$	9_n2542	7_n7106	=	$-\infty$
8_n4134	8_n4179	$9\cdot6949$	$9\cdot6790$	9_n5860	8_n7313	=	7_n4771
$8\cdot4790$	8_n5262	$9\cdot8415$	9_n8022	0_n0000	$0\cdot0000$	=	9_n8241

Für die Breiten.

9_n8571a	$+9\cdot9962b$	$+8\cdot7295c$	$+8\cdot7316d$	$+8_n7751e$	$+8\cdot2229f$	=	$7\cdot0000$
9_n6406	$0\cdot0000$	$8\cdot8509$	$8\cdot8232$	8_n8302	$8\cdot2192$	=	8_n3979
9_n2221	$9\cdot9219$	$8\cdot6697$	$8\cdot6256$	8_n6603	$8\cdot0023$	=	8_n3424
$8\cdot0625$	$9\cdot8329$	$8\cdot3241$	$8\cdot2785$	8_n3302	$7\cdot6101$	=	$-\infty$
$0\cdot0000$	9_n6360	8_n7171	$8\cdot7113$	$8\cdot8172$	8_n9005	=	8_n5798.

Gibt man allen Gleichungen das gleiche Gewicht, so resultiren hieraus die Normalgleichungen:

$+1\cdot7395a$	$-1\cdot7114b$	$-0\cdot1641c$	$-0\cdot0981d$	$+0\cdot1279e$	$-0\cdot0699f$	=	$-0\cdot0440$
$-1\cdot7114$	$+3\cdot3412$	$+0\cdot0317$	$+0\cdot0215$	$-0\cdot1617$	$+0\cdot0504$	=	$-0\cdot0033$
$-0\cdot1641$	$+0\cdot0317$	$+2\cdot8235$	$+1\cdot9040$	$-0\cdot9007$	$+0\cdot6213$	=	$-0\cdot4677$
$-0\cdot0981$	$+0\cdot0215$	$+1\cdot9040$	$+2\cdot7604$	$+0\cdot4400$	$-0\cdot7171$	=	$+0\cdot4145$
$+0\cdot1279$	$-0\cdot1617$	$-0\cdot9007$	$+0\cdot4400$	$+1\cdot2056$	$-1\cdot0341$	=	$+0\cdot6683$
$-0\cdot0699$	$+0\cdot0504$	$+0\cdot6213$	$-0\cdot7171$	$-1\cdot0341$	$+1\cdot0162$	=	$-0\cdot6646$.

Da die Bestimmung der Unbekannten aus diesen sechs Gleichungen voraussichtlich einer besonderen Unsicherheit unterliegen wird, so dass sich wohl die Elemente als Functionen eines nicht mit völliger Sicherheit bestimmbaren Elementes darstellen werden, so habe ich absichtlich f, welches die Correction der täglichen mittleren siderischen Bewegung (μ) enthält, als letzte Unbekannte gesetzt und bin bei der folgenden Elimination, die die gehegte Befürchtung rechtfertigte, nur bis zur Bestimmungsgleichung dieser letzten Unbekannten vorgeschritten; das Eliminationsresultat ist in den folgenden Gleichungen enthalten (logarithmisch).

$$\begin{aligned}
0\cdot24042a + 0_n23335b + 9_n21511c + 8_n99167d + 9\cdot10687e + 8_n84448f &= 8_n64345 \\
0\cdot21943b + 9_n11310c + 8_n87518d + 8_n55473e + 8_n26411f &= 8_n66829 \\
0\cdot44683c + 0\cdot27620d + 9_n95009e + 9\cdot78765f &= 9_n67715 \\
0\cdot16917d + 0\cdot02011e + 0_n05534f &= 9_n86387 \\
9\cdot22608e + 8_n44809f &= 6\cdot66276
\end{aligned}$$

Daraus finden sich als Bestimmung der Unbekannten mit Ausschluss von f, die nachstehenden ebenfalls logarithmisch angesetzten Relationen.

$$\begin{aligned}
a &= [8_n95106] + [7\cdot63522]f \\
b &= [8_n65348] + [7_n51135]f \\
c &= [9_n70073] + [9_n78222]f \\
d &= [9\cdot69300] + [9\cdot81367]f \\
e &= [7\cdot43668] + [9\cdot22201]f.
\end{aligned}$$

In der folgenden Zusammenstellung sind links vom Gleichheitszeichen die in den Beobachtungen übrigbleibenden Fehler angesetzt, die für $f = 0$ gelten; rechts vom Gleichheitszeichen sind die Coëfficienten angeführt, die die Abhängigkeit des Fehlers von f mit Benützung der eben hingestellten Relationen zu den übrigen Elementen darstellen und so die Bestimmung von f selbst vermitteln; es ist

Längen	Breiten
$+0''48 = +0\cdot0049f$	$-1''82 = +0\cdot0031f$
$-0''59 = -0\cdot0064f$	$-1\cdot61 = +0\cdot0005f$
$-0\cdot38 = +0\cdot0007f$	$+0\cdot35 = -0\cdot0017f$
$+0\cdot77 = +0\cdot0005f$	$+3''29 = -0\cdot0021f$
$-0\cdot18 = +0\cdot0001f$	$-2''00 = +0\cdot0022f$

Daraus findet sich f und hiemit $\Delta\mu$ wie folgt:

$$\Delta\mu = -0''1828$$

und demnach die übrigen Verbesserungen der Elemente

$$dL = +15\text{"}6$$
$$d\Phi = -10\text{"}03$$
$$d\Psi = -12\text{"}89$$
$$d\Omega = -1'10\text{"}5$$
$$dc = -2\text{"}8.$$

Bringt man diese Verbesserungen an die Elemente an, und berechnet sofort π und φ aus den ermittelten Werthen von Φ und Ψ, so erhält man die folgenden Elemente, für welche ich auch die durch eine willkürliche Wahl von $\Delta\mu$, für welches die Bogensecunde als Einheit gilt, bewirkten Änderungen hinzugefügt habe, und welche Elemente in die wahrscheinlichsten übergehen, sobald man $\Delta\mu = 0$ setzt.

(113) Amalthea.

mittl. Äq. 1870·0.
Osculation und Epoche 1871, April 6·0 m. Berl. Zeit.

$$L = 185°18'39\text{"}3 - 213\text{"}0\,\Delta\mu$$
$$M = 346\ 3\ 18\cdot4 + 848\text{"}5\,\Delta\mu$$
$$\pi = 199\ 15\ 20\cdot9 - 1061\text{"}5\,\Delta\mu$$
$$\Omega = 123\ 3\ 27\cdot8 + 24\text{"}1\,\Delta\mu$$
$$i = 5\ 2\ 29\cdot0 - 1\text{"}7\,\Delta\mu$$
$$\varphi = 4\ 55\ 38\cdot4 - 107\text{"}8\,\Delta\mu$$
$$\mu = 968\text{"}3902 + \Delta\mu$$
$$\log a = 0\cdot375971 - 0\cdot000299\,\Delta\mu$$

und die Darstellung der Orte

		$d\lambda \cos\beta$	$d\beta$
1871 März	15·5	+1"2 −3"7 Δμ	−1"4 −2"3 Δμ
April	24·5	−1·5 +4·8 Δμ	−1·5 −0·4 Δμ
Juni	3·5	−0·3 −0·5 Δμ	+0·1 +1"3 Δμ
Juli	13·5	+0·9 −0·4 Δμ	+3·0 +1·6 Δμ
1872 Aug.	8·5	−0·2 −0·1 Δμ	−1·7 −1·7 Δμ.

Man sieht hieraus, dass die Elemente noch mit einer beträchtlichen Unsicherheit behaftet sind, denn selbst eine Änderung von einer Bogensekunde in der täglichen mittleren siderischen Bewegung lässt noch einen erträglichen Anschluss an die Beobachtungen erzielen.

Zur Berechnung der Ephemeride für das Jahr 1873 aus den obigen Elementen war es nöthig, die Jupiter- und Saturnstörungen zu ermitteln, und im Anschluss an die bereits in der früheren Abhandlung gefundenen Zahlen habe ich die folgenden Störungswerthe der rechtwinkeligen Ekliptikal-Coordinaten in Einheiten der siebenten Decimale gefunden.

$$♃ = \frac{1}{1047\cdot9} \qquad ♄ = \frac{1}{3501\cdot6}$$

		Δx	Δy	Δz
1873	Jän. 25	+14892	−16228	− 416
	März 6	+19408	−17552	− 673
	April 15	+24586	−18156	−1008
	Mai 25	+30288	−17817	−1424
	Juli 4	+36304	−16328	−1914
	Aug. 3	+42356	−13529	−2468
	Sept. 22	+48098	− 9320	− 3064
	Nov. 1	+53134	− 3695	−3675
	Dec. 11	+57033	+ 3239	−4266
1874	Jän. 20	+59368	+11237	−4794.

Hiemit erhält man

(113) Amalthea.

Jahresephemeride.

0^h Berl. Zeit		A. R.	Decl.	log Δ	log r
1873 Jän.	5	$22^h 59^m 2$	−10°28'	0·473	0·409
„	25	23 28·2	− 7 21	0·503	0·410
Febr.	11	23 58·5	− 4 2	0·526	0·411
März	6	0 29·9	− 0 37	0·542	0·412
„	26	1 1·9	+ 2 46	0·551	0·412
April	15	1 34·5	+ 6 1	0·554	0·412
Mai	5	2 7·6	+ 9 2	0·551	0·411
„	25	2 40·9	+11 44	0·541	0·411
Juni	14	3 14·1	+14 1	0·525	0·410
Juli	4	3 46·9	+15 50	0·503	0·409
„	24	4 18·5	+17 9	0·475	0·408
Aug.	13	4 48·1	+17 57	0·439	0·406
Sept.	2	5 14·1	+18 18	0·396	0·404
„	22	5 34·8	+18 15	0·347	0·403
Oct.	12	5 47·7	+17 58	0·292	0·400
Nov.	1	5 49·9	+17 39	0·237	0·397
„	21	5 39·9	+17 24	0·192	0·394
Dec.	11	5 20·2	+17 24	0·171	0·391
	31	4 8·2	+17 40	0·182	0·388

(113) Amalthea 1873.

Oppositionsephemeride.

12ʰ Berl. Zeit		α	δ	log Δ	Abrrzt.
1873 Nov.	25	5ʰ 36ᵐ 6ˢ61	+17° 22' 34"9	0·185005	12ᵐ 42ˢ
	26	5 35 11·88	+17 22 23·6	0·183551	12 40
	27	5 34 15·91	+17 22 14·6	0·182168	12 37
	28	5 33 18·76	+17 22 7·9	0·180856	12 35
	29	5 32 20·49	+17 22 3·5	0·179617	12 33
	30	5 31 21·17	+17 22 1·4	0·178452	12 31
Dec.	1	5 30 29·88	+17 22 1·6	0·177362	12 29
	2	5 29 19·68	+17 22 4·1	0·176348	12 27
	3	5 28 17·63	+17 22 9·0	0·175411	12 26
	4	5 27 14·81	+17 22 16·2	0·174553	12 24
	5	5 26 11·30	+17 22 25·8	0·173773	12 23
	6	5 25 7·17	+17 22 37·7	0·173073	12 22
	7	5 24 2·50	+17 22 52·1	0·172454	12 21
	8	5 22 57·37	+17 23 8·9	0·171917	12 20
	9	5 21 51·83	+17 23 28·1	0·171463	12 19
☍	10	5 20 46·01	+17 23 49·9	0·171091	12 18
	11	5 19 39·98	+17 24 14·2	0·170803	12 18
	12	5 18 33·82	+17 24 41·0	0·170599	12 17
	13	5 17 27·62	+17 25 10·5	0·170478	12 17
	14	5 16 21·47	+17 25 42·6	0·170441	12 17
	15	5 15 15·46	+17 26 17·5	0·170487	12 17
	16	5 14 9·67	+17 26 55·1	0·170617	12 17
	17	5 13 4·20	+17 27 35·5	0·170832	12 18
	18	5 11 59·12	+17 28 18·8	0·171131	12 18
	19	5 10 54·53	+17 29 5·0	0·171514	12 19
	20	5 9 50·52	+17 29 54·2	0·171979	12 20
	21	5 8 47·17	+17 30 46·4	0·172524	12 21
	22	5 7 44·56	+17 31 41·6	0·173149	12 22
	23	5 6 42·78	+17 32 39·9	0·173854	12 23
	24	5 5 41·91	+17 33 41·2	0·174637	12 24
	25	5 4 42·02	+17 34 45·8	0·175498	12 26
	26	5 3 43·19	+17 35 53·6	0·176435	12 27
	27	5 2 45·50	+17 37 4·9	0·177446	12 29

(113) ☍ ☉ 1873 Dec. 11; 3ʰ

Lichtstärke = 0·81

Grösse = 11·4.

XXV. SITZUNG VOM 14. NOVEMBER 1872.

Herr Prof. Dr. J. Boehm überreicht eine Abhandlung: „Über die Bildung von Sauerstoff durch grüne, in kohlensäurehältiges Wasser getauchte Landpflanzen."

Derselbe macht ferner folgende für den Anzeiger bestimmte vorläufige Mittheilungen:

1. Grüne Landpflanzen bilden bisweilen in kohlensäurehältiger Atmosphäre dem Volumen nach mehr Sauerstoff, als von der in Verwendung gekommenen Kohlensäure zerlegt wurde.
2. Die Spiralgefässe führen den Holzzellen den zu ihrer normalen Function unentbehrlichen Sauerstoff zu. Die in ihnen enthaltene Luft ist stets sauerstoffärmer als die der Atmosphäre.
3. Die Spiralgefässe im absterbenden Holze erfüllen sich nicht nur mit Thyllen, sondern auch, und zwar viel öfter, mit einer gummi- oder harzartigen Substanz, wodurch dieselben für Luft völlig impermeabel werden. — Nur bei wenigen Pflanzen bleiben die Spiralgefässe im erkrankten Holze leer.

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Akademie der Wissenschaften und Künste, Südslavische: Rad. Knjiga XX. U Zagrebu, 1872; 8°.

Apotheker-Verein, Allgem. österr.: Zeitschrift. 10. Jahrgang, Nr. 32. Wien, 1872; 8°.

Astronomische Nachrichten. Nr. 1906—1907 (Bd. 80. 10.) Altona, 1872; 4°.

Beobachtungen, Schweizerische meteorologische. Mai—Juli 1871. Zürich, 4°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXV, Nrs. 16—18. Paris, 1872; 4°.

Fayrer, J., The Thanotophidia of India, being a Description of the venemous Snakes of the Indian Peninsula etc. London, 1872; Folio.

Genootschap, Bataviaasch, van Kunsten en Wetenschappen: Tijdschrift voor indische taal-, land- en volkenkunde. Deel XVIII (Zesde Serie. Deel I), Aflev. 3—4; Deel XX (Zevende Serie. Deel I.) Aflev. 3. Batavia & 's Hage, 1871 & 1872; 8°. — Notulen. Deel IX. 1871. Batavia, 1872; 8°. — Eerste Vervolg Catalogus der Bibliotheek en Catalogus der Maleische, Javaansche en Kawi Handschriften. Batavia & 's Hage, 1872; 8°.

Gesellschaft, geographische, in Wien: Mittheilungen. Bd. XV (neuer Folge V.), Nr. 10. Wien, 1872; 8°.

— österr., für Meteorologie: Zeitschrift. VII. Band, Nr. 20—21. Wien, 1872; 4°.

— k. physikalisch-ökonomische, zu Königsberg: Schriften. XII. Jahrg. (1871), I. & II. Abtheilung; XIII. Jahrg. (1872). I. Abtheilung. Königsberg; 4°. — Geologische Karte der Prov. Preussen. Sect. 5. Jura. Folio.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXIII. Jahrgang, Nr. 45. Wien, 1872; 4°.

Hamburg, Stadtbibliothek: Gelegenheitsschriften aus den Jahren 1871 & 1872. 4°.

Kasan, Universität: Denkschriften. Histor.-philolog. und polit.-juristische Abtheilung. 1864. I—II. — Physikal.-mathem. und medicin. Abtheilung 1864. I—II. 1865. Bd. I. — Sitzungsberichte. 1865. Bd. I. — Sitzungsberichte und Denkschriften. 1866. I—VI; 1868. I—VI; 1869. I—III. Kasan; 8°. — A. Popov, Theorie der Wellen. Kasan, 1868: 4°. (Sämmtlich in russischer Sprache.)

Küsten-Karten des Adriatischen Meeres. Nr. 1—15. Folio.

Landbote, Der steirische. 5. Jahrgang, Nr. 23. Graz, 1872; 4°.

Lesehalle, Akademische, in Wien: II. Jahresbericht. Wien, 1872; 8°.

Mittheilungen aus J. Perthes' geographischer Anstalt. 18. Band, 1872. Heft X. Gotha; 4°.

Moniteur scientifique par Quesneville. 3e Série. Tome II. 371e Livraison. Paris, 1872; 4°.

Nature. Nr. 158, Vol. VII. London, 1872; 4°.

Observations, Astronomical, made at the Royal Observatory, Edinburgh. Vol. XIII. for 1860—1869. Edinburgh, 1871; 4°.

Onderzoekingen gedaan in het Physiologisch Laboratorium der Utrechtsche Hoogeschool. Derde Reeks. I. Aflev. III. Utrecht, 1872; 8°.

Reichsanstalt, k. k. geologische: Jahrbuch. Jahrgang 1872. XXII. Band, Nr. 3. Wien; 4°.

Repertorium für Experimental-Physik etc. Von Ph. Carl. VIII. Band, 3. & 4. Heft. München, 1872; 8°.

„Revue politique et littéraire“ et „La Revue scientifique de la France et de l'étranger.“ II° Année, 2° Série Nr. 19. Paris & Bruxelles, 1872; 4°.

Rostock, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften aus den Jahren 1871 & 1872. 4° & 8°.

Société Impériale de Médecine de Constantinople: Gazette médicale d'Orient. XVI° Année, Nr. 5. Constantinople, 1872; 4°.

Society, The Asiatic, of Bengal: Journal. Part I, Nr. 3 (1871); Part II, Nr. 4 (1871); Parl I, Nr. 1 (1872); Part II, Nr. 1 (1872). Calcutta; 8°. — Proceedings. Nr. XI. 1870; Nrs. I, XII & XIII, 1871; Nrs. I—V, 1872. Calcutta; 8°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXII. Jahrgang, Nr. 45. Wien, 1872; 4°.

XXVI. SITZUNG VOM 21. NOVEMBER 1872.

Herr Dr. V. Graber, Privatdocent an der Grazer Universität, übersendet eine Abhandlung, betitelt: „Bemerkungen über die Gehör- und Stimmorgane der Heuschrecken und Zikaden."

Herr Prof. Dr. L. Schmarda hält einen Vortrag über einige neue Anthozoen aus der Abtheilung der Actinien. Die betreffende Abhandlung ist für die Denkschriften bestimmt.

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Abetti, Antonio, Cenni storici sul successivo sviluppo della meteorologia e su alcune sue importanti applicazioni. Padova, 1872; 8°.

Akademie der Wissenschaften, k. Schwedische: *Icones selectae Hymenomycetum nondum delineatorum. Fasc. III—VI. In folio.*

American Journal of Science and Arts. Third Series. Vol. III, Nrs. 16—18. New Haven, 1872; 8°.

Annalen der Chemie & Pharmacie, von Wöhler, Liebig & Kopp. N. R. Band LXXXVIII, Heft 2 & 3. Leipzig & Heidelberg, 1872; 8°.

Astronomische Nachrichten. Nr. 1910. (Bd. 80. 14.) Altona, 1872; 4°.

Athen, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften aus d. J. 1870—72. 8° & 4°.

Beobachtungen, Magnetische und meteorologische, auf der k. k. Sternwarte zu Prag im Jahre 1871. 32. Jahrgang. Prag, 1872; 4°.

Bibliothèque Universelle et Revue Suisse: Archives des Sciences physiques et naturelles. N. P. Tome XLV°. Nr. 178. Genève, Lausanne, Paris, 1872; 8°.

Breslau, Universität; Akademische Gelegenheitsschriften aus d. J. 1871/2. 4° & 8°.

Comitato, R., geologico d'Italia: Bollettino. Anno 1872. Nr. 7 & 8. Firenze; gr. 8°.

Dittel, Leopold, Die Stricturen der Harnröhre. (Handbuch der allgem. u. speciellen Chirurgie, redigirt von Dr. v. Pitha und Dr. Billroth. III. Bd., II. Abth., 6. Lieferung.) Erlangen, 1872; gr. 8°.

Gesellschaft, Naturforschende, in Zürich: Vierteljahrsschrift. XXVI. Jahrgang, 3. & 4. Heft. Zürich, 1871; 8°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXIII. Jahrgang. Nr. 46. Wien, 1872; 4°.

Graber, V., Beitrag zur Histologie der Stachelhäuter. Graz, 1872; kl. 4°.

Grad, Charles, Propositions pour l'établissement d'observations sur la température des mers de France. Abbeville, 1872; 8°.

Jahrbuch, Neues, für Pharmacie & verwandte Fächer, von Vorwerk. Band XXXVIII, Heft 3. Speyer, 1872; 8°.

Jahresberichte: Siehe Programme.

Keller, Filippo, Ricerche sull' attrazione delle montagne con applicazioni numeriche. Parte I^a. Roma, 1872; 8°.

Landwirthschafts-Gesellschaft, k. k., in Wien: Verhandlungen und Mittheilungen. Jahrgang 1872, Nr. 22. Wien; 8°.

Leyden, Universität: *Annales academici. 1866—1867 & 1867—1868. Lugduni-Batavorum, 1871; 4°.*

Lipschitz, R., Über eine Ausdehnung der Theorie der Minimalflächen. Berlin, 1872; 8°.

Lotos. XXII. Jahrgang. Juli & August 1872. Prag; 8°.

Mittheilungen des k. k. techn. & administrat. Militär-Comité. Jahrgang 1872. 11. Heft. Wien; 8°.

— Mineralogische, gesammelt von G. Tschermak. Jahrgang 1872. Heft. 3. Wien, 1872; 4°.

Nature. Nr. 159, Vol. VII. London, 1872; 4°.

Programme und Jahresberichte der Gymnasien zu Brixen, Brünn, Capodistria, Eger, Essek, Fiume, Graz, Hermannstadt, Iglau, Kaschau, Kremsmünster, Kronstadt, Leoben, Marburg, Meran, Naszod, Pilsen, Presburg, Ragusa, Rudolfswert, Schässburg, Tabor, Teschen, Trient, Vinkovci, des

akad. Gymnasiums, des Gymnasiums der k. k. Theresianischen Akademie und zu den Schotten in Wien, des Gymnasiums zu Zara; dann der Oberrealschulen zu Triest und Wiener-Neustadt und der k. k. technischen Hochschule in Wien. 1870—1873. 4° & 8°.

Reden gehalten bei der feierl. Inauguration des für das Schuljahr 1872—73 gewählten Rectors der k. k. technischen Hochschule, Dr. Heinrich Hlasiwetz, am 8. October 1872. Wien; 8°.

„Revue politique et littéraire" et „La Revue scientifique de la France et de l'étranger. II° Année, 2° Série, Nr. 20. Paris & Bruxelles, 1872; 4°.

Società Italiana di antropologia e di etnologia: Archivio. II° Vol., fasc. 3°. Firenze, 1872; gr. 8°.

Société Botanique de France: Bulletin. Tome XVIII°, 1871. Comptes rendus. 4. Paris; 8°.

Sonklar, Edler v. Innstädten, Karl, Allgemeine Orographie. Die Lehre von den Relief-Formen der Erdoberfläche. Wien, 1873; 8°.

Tarry, Harold, De la prédiction du mouvement des tempêtes, et des phénomènes qui les accompagnent. Roma, 1872; 4°. — Sur l'origine des aurores polaires. 4°.

Uzielli, Gustavo, Nota sopra un nuovo goniometro. Pisa, 1872; 8°. — Baromètre hypsométrique à soupape. Florence, 1872; 4°.

Wolf, Rudolf, Astronomische Mittheilungen. XXI—XXX. Zürich, 1872; 8°.

Zeitschrift für Chemie, von Beilstein, Fittig & Hübner. XIV. Jahrgang. N. F. VII. Band, 23. Heft. Leipzig, 1871; 8°.

— des österr. Ingenieur- & Architekten-Vereins. XXIV. Jahrg., 14. Heft. Wien, 1872; 4°.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

LXVI. Band.

ZWEITE ABTHEILUNG.

10.

Enthält die Abhandlungen aus dem Gebiete der Mathematik, Physik, Chemie, Mechanik, Meteorologie und Astronomie.

XXVII. SITZUNG VOM 5. DECEMBER 1872.

Herr Heinrich Schramm, Director der n.-ö. Landes-Oberrealschule in Wiener-Neustadt, übersendet eine Abhandlung, betitelt: „Die allgemeine Bewegung der Materie als Grundursache aller Naturerscheinungen."

Herr Hofrath Dr. E. Ritter v. Brücke überreicht eine Abhandlung des c. M. Herrn Prof. Dr. J. Czermak in Leipzig, betitelt: „„Nachweis echter „hypnotischer" Erscheinungen bei Thieren.""

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Accademia, Reale, dei Lincei: Atti. Tomo XXV. — Anno XXV, Sess. 4ª—6ª. Roma, 1872; 4°.

Akademie der Wissenschaften, Königl. Preuss., zu Berlin: Monatsbericht. Juli 1872. Berlin; 8°.

Annales des mines. VIIᵉ Série. Tome I. 3ᵉ Livraison de 1872. Paris; 8°.

Apotheker-Verein, allgem. österr.: Zeitschrift. 10. Jahrgang, Nr. 33—34. Wien, 1872; 8°.

Astronomische Nachrichten. Nr. 1911—1912. (Bd. 80. 15—16.) Altona, 1872; 4°.

Beobachtungen, Schweizer. Meteorologische. August bis November 1871. Zürich; 4°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXV. Nrs. 19—21. Paris, 1872; 4°.

Freiburg i. Br., Universität: Akademische Gelegenheitsschriften aus dem Jahre 1871/72. 4° & 8°.

Gesellschaft, Schlesische, für vaterländische Cultur: 49. Jahresbericht. Breslau, 1872; 8°. — Abhandlungen der philos.-hist. Abtheilung 1871; Abhandlungen der Abtheilung für Naturwissenschaften u. Medicin. 1869/72. Breslau, 1872; 8°.

Gesellschaft, Astronomische, in Leipzig: Publicationen. XI—XII. Leipzig, 1872; 4°.

— österr., für Meteorologie: Zeitschrift. VII. Band, Nr. 22—23. Wien, 1872; 4°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXIII. Jahrgang, Nr. 47—49. Wien, 1872; 4°.

Hinrichs, Gustavus, The School Laboratory of Physical Science. Vol. II, Nr. 2. Iowa City, 1872; 8°.

Institut National Genevois: Bulletin. No. 36. Tome XVII, pages 1 à 216. Genève, 1872; 8°.

Institute, The Anthropological, of Great Britain and Ireland: Journal. Vol. I, Nrs. 2—4; Vol. II, Nr. 1. London, 1871—1872; 8°.

Institution, The Royal, of Great Britain: Proceedings. Vol. VI, Parts 1—4. London, 1871; 8°.

Landbote, Der steirische. 5. Jahrgang, Nr. 24. Graz, 1872; 4°.

Landwirthschafts-Gesellschaft, k. k., in Wien: Verhandlungen und Mittheilungen. Jahrgang 1872, Nr. 23. Wien; 8°.

Militär-Comité, k. k. techn. und administr.: Bericht über die Thätigkeit und die Leistungen desselben im Jahre 1871. Wien, 1872; 8°.

Mittheilungen aus J. Perthes' geographischer Anstalt. 18. Band, 1872, Heft XI. Gotha; 4°.

Nature. Nr. 161, Vol. VII. London, 1872; 4°.

Naval Observatory, Washington: Observations for 1870. Appendix I. Washington, 1872; 4°. — Papers relating to the Transit of Venus in 1874. Part I. Washington, 1872; 4°.

Osservatorio del R. Collegio Carlo Alberto in Moncalieri: Bullettino meteorologico. Vol. VI, Nr. 7—8. Firenze, 1871; 4°.

Protokoll über die Verhandlungen der XLVIII. General-Versammlung der Actionäre der k. pr. Kaiser Ferdinands-Nordbahn. Wien, 1872; 4°.

Pulkowa, Nicolai-Hauptsternwarte: Jahresbericht 1871. St. Petersburg; 8°. — *Tabulae quantitatum Besselianarum pro annis 1875 ad 1879 computatae. Edidit Otto Struve. Petropoli,* 1871; gr. 8°.

Reichsanstalt, k. k. geologische: Verhandlungen. Jahrgang 1872, Nr. 14. Wien; 4°.

„Revue politique et littéraire", et „La Revue scientifique de la France et de l'étranger". IIe Année, 2e Série, Nrs. 21—22. Paris & Bruxelles, 1872; 4°.

Schramm, Heinrich, Die allgemeine Bewegung der Materie als Grundursache aller Naturerscheinungen. I. & II. Abtheilung. Wien, 1872 & 1873; 8°.

Société Impériale de Médecine de Constantinople: Gazette médicale d'Orient. XVIe Année, Nrs. 3 & 4. Constantinople, 1872; 4°.

— Hollandaise des Sciences à Harlem: Archives Néerlandaises des Sciences exactes et naturelles. Tome VII, 1re—3e Livraisons. La Haye, Bruxelles, Paris, Leipzig, Londres & New-York, 1872; 8°.

— Géologique de France: Mémoires. IIe Série. Tome IXe. I—III. Paris, 1869, 1871, 1872; 4°. — Bulletin. 2e Série. Tome XXIV, 1867, Nr. 5; Tome XXV, 1868, Nr. 5; Tome XXVIII, 1871, Nrs. 1 & 5. Paris; 8°.

Society, The Royal Dublin: Journal. Nr. XL. Vol. VI, Nr. 1. Dublin, 1872; 8°.

— The Zoological, of London: Transactions. Vol. VII, Parts 7—8; Vol. VIII, Parts 1—2. London, 1871—1872; 4°. — Proceedings for the Year 1871, Parts 2—3; for the Year 1872, Parts 1—3. London; 8°. — Revised List of the Vertebrated Animals now or lately living in the Gardens. 1872. London; 8°. — Catalogue of the Library. London, 1872; 8°.

Verein, physikalischer, zu Frankfurt a. M.: Jahres-Bericht für 1870—1871. Frankfurt a. M., 1872; 8°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXII. Jahrgang, Nr. 47—48. Wien, 1872; 4°.

Zeitschrift des österr. Ingenieur- & Architekten-Vereins. XXIV. Jahrgang, 15. Heft. Wien, 1872; 4°.

XXVIII. SITZUNG VOM 12. DECEMBER 1872.

In Verhinderung des Präsidenten führt Herr Hofrath Freih. v. Burg den Vorsitz.

Herr Prof. Leopold Gegenbauer in Krems übersendet eine Abhandlung; betitelt: „Entwickelung nach den Functionen X_n^{2r+1}."

Herr Prof. Dr. V. v. Lang hält einen Vortrag über die Genauigkeit der Tiefenmessung mit dem Mikroskope.

Herr Prof. Dr. S. Stern überreicht eine Abhandlung: „Über den inneren Mechanismus der inspiratorischen Erweiterung der Lungen."

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Akademie der Wissenschaften, k. k., zu Krakau: Rocznik. Tom XX & XXI. Kraków, 1872; 8°. — *Scriptores rerum Poloniacarum. Tomus I.* 8°. — Statut Akademii umiejętności w Krakowie. Kraków, 1872; 8°. — *Monumenta antiquae artis Cracoviensia. Fasc. I. 1872;* 4°.

— — Königl. Preuss., zu Berlin: Monatsbericht. August 1872. Berlin; 8°.

Alpen-Verein, Deutscher und österreichischer: Zeitschrift. Heft 1 & 2. München, 1871; 8°.

Annales météorologiques de l'Observatoire Royal de Bruxelles. Par A. Quetelet. IIe—Ve Années. Bruxelles, 1868—1871; 4°.

Astronomische Nachrichten. Nr. 1913 (Bd. 80. 17.) Altona, 1872; 4°.

Barrande, Joachim, Crustacés divers et poissons des dépôts siluriens de la Bohême. Prague & Paris, 1872; 8°.

Comitato, R., geologico d'Italia: Bollettino. Anno 1872, Nr. 9 e 10. Firenze; 8°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXV, Nr. 22. Paris, 1872; 4°.

Gesellschaft, Geographische, in Wien: Mittheilungen. Bd. XV (neuer Folge V.), Nr. 11. Wien, 1872; 8°.

— Berliner Medicinische: Verhandlungen. I. Heft. (1866); und Jahrg. 1869, 1870, 1871. Berlin; 1866 & 1872; 8°.

— neurussische, der Naturforscher zu Odessa; Zapiski. I. Bd., nebst Beilage I & II. Odessa, 1872; 8°.

— kais. russ. geographische, zu St. Petersburg: Bericht für das Jahr 1871. St. Petersburg, 1872; 8°. — Séances du 5 Mai 1871, 12 Janvier, 9 Février, 8 Mars, 8 Avril et 3 Mai 1872. 4°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXII. Jahrgang, Nr. 49. Wien, 1872; 4°.

Grunert, Joh. Aug., Archiv der Mathematik & Physik. LIV. Theil, 3. Heft. Greifswald, 1872; 8°.

Halley's Magnetic Chart in the Year 1700. Gross-Folio.

Jahresbericht über die Fortschritte der Chemie, von Alex. Naumann. Für 1870. 1. und 3. Heft. Giessen, 1872; 8°.

Journal für praktische Chemie, von H. Kolbe. N. F. Band VI. 4. & 5. Heft. Leipzig, 1872; 8°.

Kiel, Universität: Akademische Schriften aus dem Jahre 1871. Band XVIII. Kiel, 1872; 4°.

Landbote, Der steirische. 5. Jahrgang, Nr. 25. Graz, 1872; 4°.

Lotos. XXII. Jahrgang. September, October 1872. Prag; 8°.

Lyceum of Natural History in the City of New York: Annals, Vol. IX, Nr. 13 (1870); Vol. X, Nrs. 1—7. (1871). New-York; 8°. — Proceedings. Vol. I. Sign. 1—15. 8°.

Moniteur scientifique, par Quesneville. 3ᵉ Série, Tome II. 372ᵉ Livraison. Paris, 1872; 4°.

Osservatorio del R. Collegio Carlo Alberto in Moncalieri: Bullettino meteorologico. Vol. VI, Nr. 10. Firenze, 1871; 4°.

Programm des k. Ober-Gymnasiums zu Zengg am Schlusse des Schuljahres 1871/72. Agram; 4°.

Repertorium für Experimental-Physik etc. von Ph. Carl. VIII. Band, 5. Heft. München, 1872; 8°.

„Revue politique et littéraire“ et „La Revue scientifique de la France et de l'étranger.“ II[e] Année, 2[e] Série, Nr. 23. Paris & Bruxelles, 1872; 4⁰.

Société des Ingénieurs civils: Mémoires et Compte rendu des travaux. 3[e] Série. 24[e] Année, 1[er] & 2[e] Cahiers. Paris, 1871; 8⁰. — Séances du 19 Avril au 4 Octobre 1872. 8⁰.

— Impériale de Médecine de Constantinople: Gazette Médicale d'Orient, XVI[e] Année, Nrs. 6—7. Constantinople, 1872; 4⁰.

— des Sciences physiques et naturelles de Bordeaux: Mémoires. Tome VIII, 4[e] Cahier. Paris & Bordeaux, 1872; 8⁰.

Verein für deutsche Nordpolfahrt zu Bremen: 17.—20., 24.—27. Versammlung. 1871—1872; 8⁰.

Vidal, Léon, Calcul des temps de pose ou tables photométriques portatives etc. Paris, 1865; kl. 8⁰. — Education et conservation du loup (Bar) à l'état de stabulation dans des viviers de la ferme aquicole de Port-de-Bouc. 8⁰. — Education du muge etc. 8⁰. — Essais de mythiliculture etc. 8⁰. — De la pisciculture par éclosion artificielle. Marseille, 1867; 8⁰. — Photographie au charbon. Paris, 1869 & 1870; kl. 8⁰. — De l'art photographique considérée au point de vue industriel. Marseille, 1870; 8⁰. — De l'action du froid sur les poissons élevés en stabulation. Marseille, 1871; 8⁰. — Monographie de la moule. Marseille, 1872; 8⁰.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXII. Jahrgang. Nr. 49. Wien, 1872; 4⁰.

Entwickelung nach den Functionen X_n^{2r+1}.

Von **Leopold Gegenbauer** in Krems.

Bleibt die Function $\varphi(x)$ zwischen $x=-1$ und $x=1$ endlich und setzt man:

1.) $\varphi(x)=\Sigma A_m X_m^{2r+1}$,

so kann man die Coëfficienten A durch bestimmte Integrale ausdrücken. Multiplicirt man nämlich die Gleichung 1.) mit $(1-x^2)^r . X_m^{2r+1} . dx$, integrirt alsdann auf beiden Seiten von $x=-1$ bis $x=1$ und bedenkt, dass:

2.) $$\int_{-1}^{+1}(1-x^2)^r . X_m^{2r+1} . X_{m_1}^{2r+1} . dx=0,$$

3.) $$\int_{-1}^{+1}(1-x^2)^r . \left[X_m^{2r+1}\right]^2 . dx=\left[\frac{2^r\Pi(r)}{\Pi(2r)}\right]^2 . \frac{\Pi(m+2r)}{\Pi(m)} . \frac{2}{2m+2r+1}$$

ist, so hat man:

4.) $$A_m=\left[\frac{\Pi(2r)}{2^r\Pi(r)}\right]^2 . \frac{\Pi(m)}{\Pi(m+2r)} . \frac{2m+2r+1}{2} . \int_{-1}^{+1}(1-x^2)^r . \varphi(x) . X_m^{2r+1} . dx.$$

Es lässt sich leicht zeigen, dass eine Function $\varphi(x)$ nur auf eine einzige Art nach den Functionen X_m^{2r+1} entwickelt werden kann. Wäre nämlich:

5.) $\varphi(x) = \Sigma C_m X_m^{2r+1}$

eine zweite Entwickelung der Function $\varphi(x)$, so müsste:

6.) $\Sigma A_m X_m^{2r+1} = \Sigma C_m X_m^{2r+1}$

sein. Multiplicirt man nun diese Gleichung mit $(1-x^2)^r . X_m^{2r+1} . dx$ und integrirt auf beiden Seiten von $x=-1$ bis $x=1$, so verwandelt sich dieselbe in:

7.) $A_m = C_m$.

Die beiden Entwickelungen 1.) und 5.) sind demnach vollkommen identisch; es kann also eine Function $\varphi(x)$ nur auf eine einzige Art, nach den Functionen X_m^{2r+1} entwickelt werden.

Da sich viele Functionen in Reihen entwickeln lassen, welche nach aufsteigenden Potenzen von x fortschreiten, so wird man dieselben nach den Functionen X_m^{2r+1} entwickeln können, wenn man im Stande ist, jede Potenz von x in die Form der Reihe 1.) zu bringen.

Betrachtet man die Gleichung:

8.) $$X_n^{2r+1} = \frac{(2r+1)(2r+3)\ldots(2r+2n-1)}{\Pi(n)} \Big[x^n - \frac{n(n-1)}{2(2r+2n-1)} x^{n-2} + \frac{n(n-1)(n-2)(n-3)}{2.4(2r+2n-1)(2r+2n-3)} x^{n-4} - \ldots \Big],$$

so sieht man, dass x^n linear durch X_n^{2r+1}, x^{n-2}, x^{n-4} . . . ausgedrückt werden kann. Da nun aber ebenso x^{n-2} durch X_{n-2}^{2r+1}, x^{n-4}, x^{n-6}, . . . ; x^{n-4} durch X_{n-4}^{2r+1}, x^{n-6}, x^{n-8}, . . . linear ausgedrückt werden kann, so hat man die Gleichung:

9.) $x^n = A_n X_n^{2r+1} + A_{n-2} X_{n-2}^{2r+1} + A_{n-4} X_{n-4}^{2r+1} + \ldots$

Die Coëfficienten A sind durch die Gleichung:

10.) $$A_s = \left[\frac{\Pi(2r)}{2^r \Pi(r)}\right]^2 . \frac{\Pi(s)}{\Pi(s+2r)} . \frac{2s+2r+1}{2}.$$

$$\int_{-1}^{+1}(1-x^2)^r \,.\, x^n \,.\, X_s^{2r+1} \,.\, dx$$

bestimmt, wo für s der Reihe nach die Grössen: n, $n-2$, $n-4$, . . . zu setzen sind.

Zunächst ist klar, dass A_s immer verschwindet, wenn $n<s$ ist; denn in diesem Falle hätte man, falls für x^n die Reihe 9.) gesetzt wird, auf der rechten Seite der Gleichung 10.) eine Summe, deren einzelne Glieder nach Gleichung 2.) sämmtlich verschwinden. Daraus folgt nun sogleich, dass auch das Integral:

$$11.)\quad \int_0^{+1}(1-x^2)^r \,.\, x^n \,.\, X_s^{2r+1} \,.\, dx = 0$$

ist, wenn $n<s$ und $s-n$ eine gerade Zahl ist.

Wir wollen nun den Werth des Integrales:

$$\int_0^{+1}(1-x^2)^r \,.\, x^n \,.\, X_s^{2r+1} \,.\, dx$$

ermitteln. Setzt man:

$$12.)\quad X_s^{2r+1} = ax^s + bx^{s-2} + cx^{s-4} + \ldots,$$

so ist:

$$13.)\quad \int_0^{+1}(1-x^2)^r \,.\, x^n \,.\, X_s^{2r+2} \,.\, dx = a\int_0^{+1} x^{s+n}(1-x^2)^r \,.\, dx + b$$

$$\int_0^{+1} x^{s+n-2}(1-x^2)^r dx + c\int_0^{+1} x^{s+n-4}(1-x^2)^r dx + \ldots$$

Es ist aber:

$$14.)\quad \int_0^{+1} x^\alpha(1-x^2)^\beta dx = \frac{2^\beta \Pi(\beta)}{(\alpha+2\beta+1)(\alpha+2\beta-1)\ldots(\alpha+1)}$$

und daher:

$$15.)\int_0^{+1}(1-x^2)^r.x^n.X_s^{2r+1}.dx=2^r\Pi(r)$$

$$\Big[\frac{a}{(s+n+2r+1)(s+n+2r-1)\ldots(s+n+1)}+$$

$$+\frac{b}{(s+n+2r-1)(s+n+2r-3)\ldots(s+n-1)}+$$

$$+\frac{c}{(s+n+2r-3)(s+n+2r-5)\ldots(s+n-3)}+\ldots\Big].$$

Bedenkt man, dass nach den obigen Auseinandersetzungen das Integral auf der linken Seite dieser Gleichung für gerade s verschwindet, wenn

$$n=s-2,\ s-4,\ s-6,\ldots,\ 2,\ 0$$

ist, für ungerade s hingegen, wenn

$$n=s-2,\ s-4,\ s-6,\ldots,\ 3,\ 1$$

ist, so kann man für die Gleichung 15.) folgende zwei neue Gleichungen schreiben:

$$16.)\int_0^{+1}(1-x^2)^r.x^n.X_s^{2r+1}dx=$$

$$k\frac{2^r\Pi(r)n(n-2)(n-4)\ldots(n-s+2)}{(s+n+2r+1)(s+n+2r-1)\ldots(n+1)},\ [s\text{ gerade}],$$

$$17.)\int_0^{+1}(1-x^2)^r.x^n.X_s^{2r+1}dx=$$

$$k\frac{2^r\Pi(r)(n-1)(n-3)(n-5)\ldots(n-s+2)}{(s+n+2r+1)(s+n+2r-1)\ldots(n+2)},\ [s\text{ ungerade}],$$

wo k eine von n unabhängige Grösse bezeichnet. Um die Constante k zu bestimmen, multipliciren wir eine dieser Gleichungen mit n^{r+1} und setzen $n=\infty$. Da nach Gleichung 15.):

$$18.)\quad n^{r+1}\int_0^{+1}(1-x^2)^r.x^n.X_s^{2r+1}.dx = 2^r\Pi(r)X_s^{2r+1}(1) = \frac{2^r\Pi(r)(2r+1)(2r+2)(2r+3)\ldots(2r+s)}{s!},\quad [n=\infty]$$

ist, so erhalten wir für k den Werth:

$$19.)\quad k = \frac{(2r+1)(2r+2)(2r+3)\ldots(2r+s)}{s!}.$$

Es ist also:

$$20.)\quad \int_0^{+1}(1-x^2)^r.x^n.X_s^{2r+1}.dx = \frac{2^r\Pi(r)(2r+1)(2r+2)(2r+3)\ldots(2r+s)n(n-2)(n-4)\ldots(n-s+2)}{s!(s+n+2r+1)(s+n+2r-1)\ldots\ldots\ldots(n+1)},$$

[s gerade],

$$21.)\quad \int_0^{+1}(1-x^2)^r.x^n.X_s^{2r+1}.dx = \frac{2^r\Pi(r)(2r+1)(2r+2)(2r+3)\ldots(2r+s)(n-1)(n-3)(n-5)\ldots(n-s+2)}{s!(s+n+2r+1)(s+n+2r-1)\ldots\ldots\ldots(n+2)},$$

[s ungerade].

Die Gleichung 10.) verwandelt sich nun, da in derselben n eine ganze Zahl und s so beschaffen ist, dass $n-s$ nicht negativ und gerade ist, in:

$$22.)\quad A_s = (2r+2s+1)\frac{\Pi(n)}{2.4.6\ldots(n-s)(2r+1)(2r+3)\ldots(2r+n+s+1)}.$$

Man hat daher als Entwickelung vo x^n nach den Functionen X_s^{2r+1} die Gleichung:

23.) $$x^n = \frac{\Pi(n)}{(2r+1)(2r+3)\ldots(2r+2n+1)}\Big[(2r+2n+1)$$

$$X_n^{2r+1} + \frac{(2r+2n-3)(2r+2n+1)}{2}$$

$$X_{n-2}^{2r+1} + \frac{(2r+2n-7)(2r+2n+1)(2r+2n-1)}{2\,.\,4}.X_{n-4}^{2r+1} + \ldots\Big].$$

Ist nun:

24.) $$\varphi(x) = c_0 + c_1 x + c_2 x^2 + c_3 x^3 + \ldots$$

eine nach steigenden Potenzen von x geordnete Function, so erhält man, wenn man die einzelnen Potenzen von x nach den Functionen X_n^{2r+1} entwickelt, die Gleichung:

25.) $$\varphi(x) = \sum_{n=0}^{n=\infty} A_n X_n^{2r+1},$$

wo:

26.) $$A_n = \frac{\Pi(n)}{(2r+1)(2r+3)\ldots(2r+2n-4)}\Big[c_n + \frac{(n+1)(n+2)}{2(2r+2n+3)}$$

$$c_{n+2} + \frac{(n+1)(n+2)(n+3)(n+4)}{2.4(2r+2n+3)(2r+2n+5)}c_{n+4} + \ldots\Big]$$

ist.

Durch die Gleichungen 25.) und 26.) ist uns aber die Entwickelung einer jeden nach aufsteigenden Potenzen einer Variabeln x geordneten Function nach den Functionen X_n^{2r+1} gegeben, wenn diese Function zwischen $x = -1$ und $x = 1$ endlich ist.

Bemerkt man, dass:

27.) $$X_n^{2r+1} = \frac{2^r\Pi(r)}{\Pi(2r)}[P^{(n+r)}]^{(r)}$$

ist, so kann man auch schreiben:

28.) $$\varphi(x) = \sum_{n=0}^{n=\infty} B_n [P^{(n+r)}]^{(r)},$$

wo:

$$29.)\quad B_n = \frac{\Pi(n)}{1.3.5\;.\;.\;.\;.\;(2r+2n-1)}\Big[c_n + \frac{(n+1)(n+2)}{2(2r+2n+3)}$$

$$c_{n+2} + \frac{(n+1)(n+2)(n+3)(n+4)}{2.4(2r+2n+3)(2r+2n+5)}c_{n+4} + \;.\;.\;.\;.\Big]$$

ist.

XXIX. SITZUNG VOM 19. DECEMBER 1872.

Der Senat der k. Universität zu München übersendet mit Zuschrift vom 11. December l. J. ein Exemplar der Universitätschronik für das Jahr 1871/72, und dankt gleichzeitig für die Betheiligung der kais. Akademie an dem 400jährigen Stiftungsfeste dieser Hochschule.

Der Secretär legt folgende eingesendete Abhandlungen vor:

„Über die Monochloritamalsäure", vom Herrn Th. Morawski, Assistenten an der technischen Hochschule in Graz, eingesendet und empfohlen durch Herrn Prof. Dr. J. Gottlieb.

„Über ein Integrationstheorem von Abel", vom Herrn Wenzel Grünert, Assistenten am k. k. technischen Institute in Brünn.

„Über Axenbestimmung von Central-Projectionen der Flächen zweiten Grades", vom Herrn Karl Pelz, Assistenten am deutschen Polytechnikum in Prag.

Herr Regierungsrath Dr. K. v. Littrow legt eine Abhandlung: „Zur Kenntniss der kleinsten sichtbaren Mondphasen" vor.

Herr Director Dr. J. Stefan überreicht eine Abhandlung: „Über die mit dem Soleil'schen Doppelquarz ausgeführten Interferenzversuche."

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Apotheker-Verein, allgem.-österr.: Zeitschrift. 10. Jahrgang, Nr. 35. Wien, 1872; 8°.

Astronomische Nachrichten. Nr. 1914. (Bd. 80, 18.) Altona, 1872; 4°.

Bern, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften aus d. J. 1870/71. fol., 4° & 8°.

Bonn, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften aus d. J. 1871. 4° & 8°.

Chronik der Ludwig-Maximilians-Universität München für das Jahr 1871/72. München, 1872; 4°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences Tome LXXV, Nr. 23. Paris, 1872; 4°.

Denza, Francesco, Intorno alle aurore polari del primo quadrimestre dell' anno 1872. Milano, 1872; 8°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXII. Jahrgang, Nr. 50. Wien, 1872; 4°.

Institut, geodätisches: Maassvergleichungen. 1. Heft. Berlin, 1872; 4°. — General-Bericht über die europäische Gradmessung für das Jahr 1871. Berlin, 1872; 4°.

Knoblauch, Hermann, Über den Durchgang der Wärmestrahlen durch geneigte diathermane Platten. Berlin, 1872; 8°.

Landwirthschafts-Gesellschaft, k. k., in Wien: Verhandlungen und Mittheilungen. Jahrgang 1872, Nr. 24. Wien; 8°.

Melsens, Note sur les plaies produites par les armes à feu etc. Bruxelles, 1872; 8°.

Nature. Nr. 163, Vol. VII. London, 1872; 4°.

Reichsanstalt, k. k. geologische: Verhandlungen. Jahrgang 1872, Nr. 15. Wien; 4°.

„Revue politique et littéraire" et „La Revue scientifique de la France et de l'étranger." II° Année, 2° Série, Nr. 24. Paris & Bruxelles, 1872; 4°.

Rosetti, Francesco, Di una curiosa ed elegante esperienza elettrica. 8°. — Uso della macchina di Holtz in alcune ricerche elettrometriche sui condensatori elettrici. Memoria I. Padova, 1872; 8°.

Scacchi, Arcangelo, Contribuzioni mineralogiche per servire alla storia dell' incendio Vesuviano del mese di aprile 1872. Napoli, 1872; 4°. — Sulle forme cristalline di alcuni composti di toluene. Napoli, 1870; 4°. — Notizie preliminari di alcune specie mineralogiche rinvenute nel Vesuvio dopo l'incendio di aprile 1872. 4°.

Société d'Histoire naturelle de Colmar: Bulletin. 12° et 13° années. 1871 et 1872. Colmar, 1872; 8°.

Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève: Mémoires. Tome XXI, 2de Partie. Paris & Bâle, 1872; 4⁰.

Stingl, Joh., Über das Weichmachen des Wassers mittelst Kalkwasser. (Aus Dingler's polytechn. Journal, Bd. CCVI. 1872.) 8⁰.

Strassburg, Universität: Zur Geschichte derselben. Festschrift zur Eröffnung der Universität Strassburg am 1. Mai 1872, von August Schricker. Strassburg, 1872; kl. 4⁰. — Die Einweihung der Strassburger Universität am 1. Mai 1872. Officieller Festbericht. Strassburg, 1872; kl. 4⁰.

Vierteljahresschrift, österr., für wissenschaftliche Veterinärkunde. XXXVIII. Band, 1. Heft. Wien, 1872; 8⁰.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXII. Jahrgang, Nr. 50. Wien, 1872; 4⁰.

Zeitschrift des österr. Ingenieur- und Architekten-Vereins. XXIV. Jahrgang, 16. Heft. Wien, 1872; 4⁰.

Über die mit dem Soleil'schen Doppelquarz ausgeführten Interferenzversuche.

Von dem w. M. J. Stefan.

(Mit 3 Holzschnitten.)

Die Versuche, um die es sich hier handelt, habe ich schon in einem früheren Aufsatze[1] beschrieben, jedoch nur im Allgemeinen, ohne in das Detail der Erscheinungen und ihrer Erklärung einzugehen. Es zeigen aber diese Interferenzphänomene mehrfache auffallende Eigenthümlichkeiten, so dass sie wohl eine ausführliche Berechnung und Discussion verdienen.

Der Apparat, mit welchem der erste Versuch ausgeführt werden kann, ist ein gewöhnlicher Spectralapparat. Vor das Collimatorobjectiv wird die Soleil'sche *double plaque*, bestehend aus zwei gleich dicken, aber die Polarisationsebene des Lichtes entgegengesetzt drehenden Quarzplatten, gebracht und zwar so, dass die Ebene, in welcher die beiden Platten sich berühren, mit der brechenden Kante des Prisma im Spectralapparate parallel steht. Die auf der Seite der brechenden Kante liegende Hälfte der Doppelplatte wird mit einem Glasplättchen bedeckt, durch welches das aus dieser Halbplatte kommende Licht gegen das aus der anderen kommende in seinem Gange bedeutend verzögert wird. Im Spectrum sieht man dann die zuerst von Talbot beobachteten Interferenzlinien, über deren Darstellung ich ebenfalls schon in früheren Aufsätzen berichtet habe.

Um in den Apparat nicht nur gewöhnliches, sondern auch linear, elliptisch oder circular polarisirtes Licht schicken zu können, ist hinter der Spalte des Spectralapparates ein Träger

---

[1] Sitzungsberichte LIII. 1866.

mit einem Fresnel'schen Parallelepiped und einem drehbaren Nicol'schen Prisma aufgestellt. Das Fresnel'sche Parallelepiped kann auch ersetzt werden durch ein Glimmerplättchen von solcher Dicke, dass es zwischen dem ordentlich und ausserordentlich gebrochenen Strahl einen Gangunterschied von einem oder drei Vierteln der Wellenlänge erzeugt.

Werden die Talbot'schen Linien im Spectrum ohne die Doppelplatte erzeugt, so treten sie in allen Theilen des Spectrums auf, wenn nur das verzögernde Glasplättchen zwischen den Objectivlinsen des Beobachtungsfernrohres und des Collimators aber auf der Seite der brechenden Kante des Prisma sich befindet. An allen Orten des Spectrums, für welche der durch das Glasplättchen erzeugte Gangunterschied eine ungerade Anzahl der ihnen zugehörigen Wellenlängen beträgt, befinden sich dunkle Linien. In der Lage und Schwärze dieser ändert sich nichts, wenn gewöhnliches Licht mit polarisirtem, sei es linear, elliptisch oder circular polarisirtem Lichte vertauscht wird.

Ist aber die Doppelplatte eingeschaltet, so ändert sich der Sachverhalt und zwar in den verschiedenen Theilen des Spectrums in verschiedener Weise.

Es gibt zwei Stellen im Spectrum, eine zwischen den Fraunhofer'schen Linien *D* und *E*, eine zwischen den Linien *F* und *G*, an welchen die Interferenzlinien ebenfalls unverrückt bleiben, wie auch der Polarisationszustand des Lichtes verändert werden mag. Es sind dies die Stellen jener Strahlen, deren Schwingungen durch die Doppelplatte gegen einander um 360° und 540° verdreht werden. An allen übrigen Orten treten beim Wechsel der Polarisation des Lichtes Verschiebungen und Veränderungen der Interferenzlinien ein.

Dann gibt es drei Stellen im Spectrum, eine zwischen den Linien *C* und *D*, die zweite zwischen *E* und *F*, die dritte unmittelbar vor *G*, an welchen bei gewöhnlichem und linear polarisirtem Lichte gar keine Interferenzstreifen auftreten, aber sogleich erscheinen, sobald solches Licht mit elliptisch polarisirtem vertauscht wird und zwar um so dunkler werden, je näher die elliptische Polarisation der circularen kommt. Es sind dies die Stellen jener Strahlen, deren Schwingungen durch die Doppel-

platte um drei, fünf und sieben rechte Winkel gegen einander verdreht sind. Wird also linear polarisirtes Licht angewandt, so stehen die Schwingungen des aus der einen Hälfte der Doppelplatte kommenden Lichtes senkrecht auf den Schwingungen des Lichtes, welches aus der andern Hälfte der Doppelplatte kommt. Das Ausbleiben der Interferenzlinien in diesem Falle ist ein präciser Beweis des Satzes, dass rechtwinklig gegen einander polarisirte Strahlen durch Interferenz sich nicht zu schwächen vermögen.

Aus dem Umstande, dass die Interferenzstreifen an diesen Stellen auch bei gewöhnlichem Lichte ausfallen, dieses also wie linear polarisirtes sich verhält, habe ich früher geschlossen, dass auch im gewöhnlichen Lichte nur geradlinige Schwingungen enthalten sind. Dieser Schluss ist jedoch durchaus kein nothwendiger. Die Interferenzlinien, welche an diesen Stellen bei elliptisch polarisirtem Lichte entstehen, besitzen nämlich noch eine besondere Eigenthümlichkeit. Es vertauschen beim Übergange von rechts zu links elliptisch polarisirtem Lichte die Maxima und die Minima der Lichtintensität plötzlich ihre Orte. Wird also nacheinander rechts- und linkselliptisch polarisirtes Licht in raschem Wechsel in den Apparat geschickt, so werden an derselben Stelle ebenso rasch die Maxima und Minima der Intensität wechseln. Da aber wegen der Nachdauer des Lichteindruckes auf der Netzhaut nicht die in jedem Augenblick wirklich stattfindenden Zustände, sondern, wenn diese rasch nacheinander wechseln, nur der Mittelwerth derselben zur Wahrnehmung kommt, so werden auch in dem angeführten Falle keine Interferenzlinien gesehen werden.

Man kann auch durch einen sehr einfachen Versuch die Unrichtigkeit des erwähnten Schlusses beweisen. Lässt man unpolarisirtes Licht, bevor es auf die Spalte des Spectralapparates fällt, durch ein Fresnel'sches Parallelepiped gehen, so ist es auch nach dem Austritte aus diesem noch unpolarisirt und gibt an den bezeichneten Stellen des Spectrums keine Interferenzlinien. Das aus dem Parallelepiped kommende Licht enthält aber sicher elliptische Schwingungen.

Es können also auch im gewöhnlichen Lichte elliptische Schwingungen vorhanden sein, nur müssen die rechtselliptischen

durch äquivalente linkselliptische compensirt sein. Hingegen würden elliptische Schwingungen nur einer Art auch bei fortwährend wechselnder Axenrichtung den Bedingungen, welchen dieser Versuch das unpolarisirte Licht unterwirft, nicht genügen.

Schwingungen von abwechselnd rechts- und linkselliptischer Art kommen übrigens häufig in der Natur vor. Der Art sind die Schwingungen des quadratischen oder cylindrischen Stabes im Wheatstone'schen Kaleidophon. Sie haben aber immer ihren Ursprung in der Zusammensetzung zweier einfacher Schwingungen von nicht absolut gleicher Schwingungsdauer. Nimmt man an, dass im unpolarisirten Lichte die elliptischen Schwingungen in ähnlichem Wechsel auf einander folgen, so hat man zugleich die schon von Lippich ausgesprochene Ansicht adoptirt, dass es kein homogenes unpolarisirtes Licht gibt.

Die fünf hervorgehobenen singulären Orte des Spectrums theilen dieses in Felder, in denen die Erscheinungen die continuirliche Vermittlung zwischen den Extremen in ihren Grenzen bilden. In Bezug auf die absoluten Werthe der Maxima und Minima der Lichtintensität verhalten sich die zu beiden Seiten einer solchen Stelle liegenden Felder gleich, in Bezug auf die beim Wechsel des Polarisationszustandes des Lichtes eintretenden Verschiebungen der Interferenzlinien entgegengesetzt. Es sind also die Erscheinungen auf der einen Seite gewissermassen das Spiegelbild der Erscheinungen auf der zweiten Seite. Von den Orten an, wo keine Verschiebungen stattfinden, wachsen die Verschiebungen für die Theile zu beiden Seiten successive bis zu dem grössten Werthe einer halben Streifendistanz, welche dort auftreten, wo die Drehungswinkel eine ungerade Anzahl rechter Winkel betragen. Während in diesen Orten die Verschiebung beim Übergange von rechtselliptisch zu linkselliptisch polarisirtem Lichte plötzlich stattfindet, geht sie an den übrigen Stellen successive vor sich, insofern sie um so grösser wird, je näher das Verhältniss der beiden Axen der Schwingungsellipse der Einheit kommt und ihren grössten Werth erreicht, wenn die Ellipse zum Kreis wird.

Nach den gewöhnlichen Regeln der Interferenzlehre in Verbindung mit der Fresnel'schen Theorie, welche die Drehung der Polarisationsebene durch die Auflösung der Lichtschwingun-

gen in rechts- und linkscirculare und die verschiedene Fortpflanzungsgeschwindigkeit dieser erklärt, müsste man für den Übergang von rechts- zu linkscircularem Lichte ein ganz anderes Verhalten der Erscheinungen, als das hier beschriebene, erwarten, nämlich eine vom rothen bis zum violetten Ende des Spectrums successive wachsende, gleichsinnige Verschiebung der Interferenzlinien. Es stehen jedoch die Endresultate, welche sich aus der hier angedeuteten Betrachtungsweise ergeben, mit der Beobachtung in keinem unlöslichen Widerspruche, da die gerechneten und gefundenen Verschiebungen immer um eine ganze Anzahl von Streifendistanzen differiren.

Der zweite Versuch, eigentlich ein Beugungsversuch, kann mit demselben Apparate ausgeführt werden, wenn dieser die Wegnahme des Prisma und die Einstellung des Beobachtungsfernrohrs in die Richtung der Collimatoraxe gestattet. Die Doppelplatte wird mit einem Schirme, in welchen zwei feine parallele Spalten eingeschnitten sind, der Art bedeckt, dass die eine Spalte vor die erste Hälfte der Doppelplatte, die andere vor die zweite zu liegen kommt. Der Zwischenraum zwischen den beiden Spalten bedeckt die Berührungsstelle der beiden Hälften der Doppelplatte.

Wird dieser Versuch ohne Doppelplatte angestellt, so erhält man bekanntlich in der Mitte des Gesichtsfeldes ein Maximum der Lichtintensität, zu beiden Seiten zwei Minima u. s. w. Die ersten zwei Minima präsentiren sich nicht nur im homogenen, sondern auch im weissen Lichte als schwarze Linien. Bei Anwendung der Doppelplatte ändert sich die Erscheinung je nach der Farbe und dem Polarisationszustande des Lichtes. Es gibt nun im unpolarisirten oder linear polarisirten Zustande rothes Licht in der Mitte des Gesichtsfeldes einen dunklen Streifen, gelbes Licht und grünes einen hellen, blaues einen dunklen. Nimmt man Licht, welches aus roth und gelb gemischt ist, so erhält man statt der hellen und dunklen Linien beim gewöhnlichen Versuch gelbe Linien entsprechend den hellen, rothe entsprechend den dunklen. Nimmt man weisses Licht, so erhält man grünlich weisse und bläulich rothe Linien.

Ist das Licht circularpolarisirt, so treten auch bei gemischtfarbigem Lichte schwarze Linien auf, die Symmetrielinie der

Erscheinung liegt seitwärts von der Mitte des Gesichtsfeldes, sie geht auf die entgegengesetzte Seite desselben, wenn rechtscirculares mit linkscircularem Lichte vertauscht wird. Während die beim Übergange von der einen zur andern circularen Polarisationsart zur Beobachtung kommenden Verschiebungen auch bei diesem Versuche wie beim vorhergehenden immer kleiner sind, als die nach der Interferenzlehre zu erwartenden, jedoch auch jetzt von diesen nur um eine ganze Anzahl von Streifendistanzen sich unterscheiden, ist die Verschiebung der erwähnten schwarzen Streifen eine viel grössere. Sie findet jedoch auch ihre vollständige Erklärung in der grossen Verschiedenheit der Gangunterschiede, welche bei diesem bezeichneten Wechsel der Polarisationsart die einzelnen farbigen Strahlen durch die Doppelplatte erfahren.

Jeder dieser zwei Versuche lässt sich auch so ausführen, dass die Erscheinungen objectiv auf einem Schirme beobachtet werden können. Die Anordnung des Apparates ist dann folgende. Durch eine Spalte im Fensterladen schickt ein Spiegel Sonnenlicht. Ganz nahe an der Spalte ist das Nicol'sche Prisma, dann das Fresnel'sche Parallelepiped oder statt diesem das Glimmerplättchen aufgestellt. Das Licht aus diesem Apparat fällt auf die in nach Massgabe der Brennweite der anzuwendenden Projectionslinse gewählter grösserer Distanz aufgestellte double plaque. Diese ist entweder mit der Doppelspalte oder zur Hälfte mit einem Glasplättchen verdeckt. In ersterem Falle folgt nun unmittelbar hinter der Doppelplatte nur noch die Projectionslinse, im letzteren Falle diese mit einem Prisma.

Das Nicol'sche Prisma mit dem Parallelepiped sind deshalb so nahe an die Spalte im Fensterladen gestellt, weil etwaige Unebenheiten in den Schliffflächen ihre bildverzerrenden Wirkungen hier in geringerem Masse entfalten, als in grösserer Entfernung von der Spalte.

Es mag hier noch eine Bemerkung, einen misslungenen Versuch betreffend, Platz finden. Zwischen den Fraunhofer'schen Linien F und G gibt es eine Stelle im Spectrum, für welche die Verdrehung der Schwingungen durch die Doppelplatte 540°, also dreimal 180° beträgt. Ich erwartete, dass man, ein Spectrum durch die Doppelplatte so beobachtend, dass die Hälfte der Pupille

von der linksdrehenden, die andere Hälfte von der rechtsdrehenden Platte verdeckt wird, zwischen F und G einen dunklen Streifen sehen werde. Dieser Streifen zeigte sich jedoch nicht, auch bei einer andern Art der Beobachtung nicht, bei welcher das aus dem Collimator kommende Licht zu gleichen Theilen durch die zwei Hälften der Doppelplatte gesendet wurde. Den Grund des Ausfalls der erwarteten Erscheinung weiss ich nicht mit Bestimmtheit anzugeben, ich will nur den Umstand, dass die von mir angewendete Doppelplatte nicht vollkommen planparallel ist, anführen.

I. Intensitätsformeln.

Auf eine von zwei zur optischen Axe senkrechten Ebenen begrenzte Quarzplatte falle normal ein Strahl mit Schwingungen, welche durch die rechtwinkligen Componenten

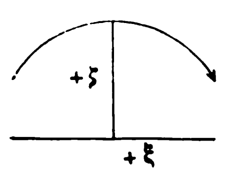
$$\xi = a \operatorname{Sin} \frac{2\pi t}{\tau}, \quad \zeta = c \operatorname{Sin} \frac{2\pi(t+\theta)}{\tau}$$

bestimmt sind. Zur Bestimmung der Veränderungen, welche diese Componenten beim Durchgange durch die Quarzplatte erfahren, kann man dieselben durch äquivalente circulare Schwingungen ersetzen. Schreibt man für ξ und ζ die den obigen gleichen Ausdrücke

$$\frac{a}{2} \operatorname{Sin} \frac{2\pi t}{\tau} + \frac{a}{2} \operatorname{Sin} \frac{2\pi t}{\tau} + \frac{c}{2} \operatorname{Cos} \frac{2\pi(t+\theta)}{\tau} - \frac{c}{2} \operatorname{Cos} \frac{2\pi(t+\theta)}{\tau}$$

$$\frac{a}{2} \operatorname{Cos} \frac{2\pi t}{\pi} - \frac{a}{2} \operatorname{Cos} \frac{2\pi t}{\tau} + \frac{c}{2} \operatorname{Sin} \frac{2\pi(t+\theta)}{\tau} + \frac{c}{2} \operatorname{Sin} \frac{2\pi(t+\theta)}{\tau}$$

und betrachtet je zwei untereinanderstehende Glieder als ein Paar, so stellen das erste und vierte Paar je eine rechtscirculare, das zweite und dritte Paar je eine linkscirculare Schwingung dar. Die Bedeutung der Ausdrücke rechts- und linkscircular wird durch die nebenstehende Figur klar. Die Bewegung von der Richtung der positiven ζ zur Richtung der positiven ξ im



Sinne des Pfeils heisst rechts-, die entgegengesetzte linkscircular. Die Fortpflanzungsrichtung ist die aus der Ebene der Zeichnung heraustretende Senkrechte.

Wird die Dicke der Quarzplatte mit d, die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der rechtscircularen Schwingungen mit r, jene der linkscircularen mit l bezeichnet, so sind die Componenten ξ und ζ beim Austritte aus der Platte bestimmt durch

$$\xi = \frac{a}{2}\,\mathrm{Sin}\,\frac{2\pi}{\tau}\left(t - \frac{d}{r}\right) + \frac{a}{2}\,\mathrm{Sin}\,\frac{2\pi}{\tau}\left(t - \frac{d}{l}\right)$$

$$+ \frac{c}{2}\,\mathrm{Cos}\,\frac{2\pi}{\tau}\left(t + \theta - \frac{d}{l}\right) - \frac{c}{2}\,\mathrm{Cos}\,\frac{2\pi}{\tau}\left(t + \theta - \frac{d}{r}\right)$$

$$\zeta = \frac{a}{2}\,\mathrm{Cos}\,\frac{2\pi}{\tau}\left(t - \frac{d}{r}\right) - \frac{a}{2}\,\mathrm{Cos}\,\frac{2\pi}{\tau}\left(t - \frac{d}{l}\right)$$

$$+ \frac{c}{2}\,\mathrm{Sin}\,\frac{2\pi}{\tau}\left(t + \theta - \frac{d}{l}\right) + \frac{c}{2}\,\mathrm{Sin}\,\frac{2\pi}{\tau}\left(t + \theta - \frac{d}{r}\right).$$

Diese Ausdrücke lassen sich zusammenziehen in

$$\xi = a\,\mathrm{Cos}\,\varphi\,\mathrm{Sin}\,\frac{2\pi}{\tau}\left(t - \frac{d}{2r} - \frac{d}{2l}\right) + c\,\mathrm{Sin}\,\varphi\,\mathrm{Sin}\,\frac{2\pi}{\tau}\left(t + \theta - \frac{d}{2r} - \frac{d}{2l}\right)$$

$$\zeta = -a\,\mathrm{Sin}\,\varphi\,\mathrm{Sin}\,\frac{2\pi}{\tau}\left(t - \frac{d}{2r} - \frac{d}{2l}\right) + c\,\mathrm{Cos}\,\varphi\,\mathrm{Sin}\,\frac{2\pi}{\tau}\left(t + \theta - \frac{d}{2r} - \frac{d}{2l}\right)$$

worin zur Abkürzung

$$(1) \qquad \varphi = \frac{\pi d}{\tau}\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{l}\right)$$

gesetzt ist. φ bedeutet den Winkel, um welchen die Richtung einer linearen Schwingung in der Quarzplatte verdreht wird, im Sinne des Pfeils in der obigen Figur gezählt.

Die voranstehenden Formeln für ξ und ζ kann man übrigens auch ohne Auflösung der ursprünglichen Componenten in circulare erhalten, wenn man unmittelbar die Eigenschaft der Quarzplatte, die Schwingungsrichtungen zu drehen, in Rechnung stellt. Die Geschwindigkeit u, mit der die sich drehenden

Schwingungen in der Platte fortgepflanzt werden, hängt mit r und l zusammen durch die Gleichung

$$\frac{1}{u} = \frac{1}{2}\left(\frac{1}{r} + \frac{1}{l}\right).$$

Nach dem Austritte aus der Quarzplatte durchlaufe der Strahl noch einen Weg δ mit der Geschwindigkeit v, so sind am Ende dieses Weges die Componenten ξ und ζ gegeben durch

$$\xi = a \operatorname{Cos} \varphi \operatorname{Sin} \psi + c \operatorname{Sin} \varphi \operatorname{Sin}\left(\psi + \frac{2\pi\theta}{\tau}\right)$$

$$\zeta = - a \operatorname{Sin} \varphi \operatorname{Sin} \psi + c \operatorname{Cos} \varphi \operatorname{Sin}\left(\psi + \frac{2\pi\theta}{\tau}\right)$$

worin wieder zur Abkürzung

$$\psi = \frac{2\pi}{\tau}\left(t - \frac{d}{2r} - \frac{d}{2l} - \frac{\delta}{v}\right) \qquad (2)$$

gesetzt ist.

Auf eine zweite Quarzplatte falle ein zweiter Strahl mit den Schwingungscomponenten

$$\xi' = a' \operatorname{Sin} \frac{2\pi t}{\tau}, \quad \zeta' = c' \operatorname{Sin} \frac{2\pi(t+\theta')}{\tau}.$$

Hat die zweite Platte die Dicke d', sind r' und l' die Geschwindigkeiten, mit denen sich die rechts- und linkscircularen Schwingungen in ihr fortpflanzen, geht ferner der Strahl nach dem Austritte aus dieser Platte durch den Weg δ' mit der Geschwindigkeit v', so sind am Ende dieses Weges die Componenten ξ' und ζ' bestimmt durch

$$\xi' = a' \operatorname{Cos} \varphi' \operatorname{Sin} \psi' + c' \operatorname{Sin} \varphi' \operatorname{Sin}\left(\psi' + \frac{2\pi\theta'}{\tau}\right)$$

$$\zeta' = - a' \operatorname{Sin} \varphi' \operatorname{Sin} \psi' + c' \operatorname{Cos} \varphi' \operatorname{Sin}\left(\psi' + \frac{2\pi\theta'}{\tau}\right)$$

worin

$$\varphi' = \frac{\pi d'}{\tau}\left(\frac{1}{r'} - \frac{1}{l'}\right) \qquad (3)$$

$$\psi' = \frac{2\pi}{\tau}\left(t - \frac{d'}{2r'} - \frac{d'}{2l'} - \frac{\delta'}{v'}\right)$$

gesetzt sind.

Werden nunmehr die Componenten ξ und ξ' zusammengesetzt, so liefern sie eine einfache Schwingung, für das Quadrat ihrer Amplitude findet man den Werth

$$
\begin{aligned}
J_1 = & \; a^2 \mathrm{Cos}^2 \varphi + a'^2 \mathrm{Cos}^2 \varphi' + 2aa' \mathrm{Cos}\, \varphi \, \mathrm{Cos}\, \varphi' \, \mathrm{Cos}\, (\psi' - \psi) \\
& + c^2 \mathrm{Sin}^2 \varphi + c'^2 \mathrm{Sin}^2 \varphi' \\
& + 2cc' \mathrm{Sin}\, \varphi \, \mathrm{Sin}\, \varphi' \, \mathrm{Cos} \left(\psi' - \psi - \frac{2\pi\theta}{\tau} + \frac{2\pi\theta'}{\tau} \right) \\
& + ac \, \mathrm{Sin}\, 2\varphi \, \mathrm{Cos} \frac{2\pi\theta}{\tau} + a'c' \, \mathrm{Sin}\, 2\varphi' \, \mathrm{Cos} \frac{2\pi\theta'}{\tau} \\
& + 2a'c \, \mathrm{Sin}\, \varphi \, \mathrm{Cos}\, \varphi' \, \mathrm{Cos} \left(\psi' - \psi - \frac{2\pi\theta}{\tau} \right) \\
& + 2ac' \, \mathrm{Sin}\, \varphi' \, \mathrm{Cos}\, \varphi \, \mathrm{Cos} \left(\psi - \varphi + \frac{2\pi\theta'}{\tau} \right)
\end{aligned}
$$

und J_1 ist zugleich das Mass der Intensität des den Componenten ξ und ξ' entsprechenden Lichtes.

Setzt man ebenso die Componenten ζ und ζ' zusammen, so ist das Quadrat der Amplitude der resultirenden Schwingung

$$
\begin{aligned}
J_2 = & \; a^2 \mathrm{Sin}\, \varphi + a'^2 \mathrm{Sin}^2 \varphi' + 2aa' \mathrm{Sin}\, \varphi \, \mathrm{Sin}\, \varphi' \, \mathrm{Cos}\, (\psi' - \psi) \\
& + c^2 \mathrm{Cos}^2 \varphi + c'^2 \mathrm{Cos}^2 \varphi' + 2cc' \mathrm{Cos}\, \varphi \, \mathrm{Cos}\, \varphi' \mathrm{Cos} \left(\psi' - \psi + \frac{2\pi\theta}{\tau} - \frac{2\pi\theta'}{\tau} \right) \\
& - ac \, \mathrm{Sin}\, 2\varphi \, \mathrm{Cos} \frac{2\pi\theta}{\tau} - a'c' \, \mathrm{Sin}\, 2\varphi' \, \mathrm{Cos} \frac{2\pi\theta'}{\tau} \\
& - 2a'c \, \mathrm{Cos}\, \varphi \, \mathrm{Sin}\, \varphi' \, \mathrm{Cos} \left(\psi' - \psi - \frac{2\pi\theta}{\tau} \right) \\
& - 2ac' \, \mathrm{Sin}\, \varphi \, \mathrm{Cos}\, \varphi' \, \mathrm{Cos} \left(\psi' - \psi + \frac{2\pi\theta'}{\tau} \right)
\end{aligned}
$$

und ist J_2 das Mass der Intensität des den Componenten ζ und ζ' entsprechenden Lichtantheils.

Das Mass für die Gesammtintensität des aus der Zusammensetzung der beiden Strahlen resultirenden Lichtes ist die Summe von J_1 und J_2, also

$$\begin{aligned} J = & a^2 + a'^2 + 2aa' \operatorname{Cos}(\varphi - \varphi') \operatorname{Cos}(\psi' - \psi) \\ & + c^2 + c'^2 + 2cc' \operatorname{Cos}(\varphi - \varphi') \operatorname{Cos}\left(\psi' - \psi + \frac{2\pi\theta}{\tau} - \frac{2\pi\theta'}{\tau}\right) \\ & + 2a'c \operatorname{Sin}(\varphi - \varphi') \operatorname{Cos}\left(\psi' - \psi - \frac{2\pi\theta}{\tau}\right) \\ & - 2ac' \operatorname{Sin}(\varphi - \varphi') \operatorname{Cos}\left(\psi' - \psi + \frac{2\pi\theta'}{\tau}\right). \end{aligned} \tag{4}$$

Für den Fall, dass die beiden auf die Quarzplatte fallenden Strahlen von gleicher Intensität und einerlei Art sind, hat man

$$a = a',\ c = c',\ \theta = \theta'$$

und für den Fall, dass die beiden Quarzplatten die Hälften der Soleil'schen Doppelplatte sind, hat man

$$\varphi' = -\varphi.$$

Unter diesen Voraussetzungen vereinfachen sich die Formeln für J_1, J_2 und J zu

$$\begin{aligned} J_1 = & 2a^2 \operatorname{Cos}^2 \varphi \,[1 + \operatorname{Cos}(\psi' - \psi)] + 2c^2 \operatorname{Sin}^2 \varphi \,[1 - \operatorname{Cos}(\psi' - \psi)] \\ & + 2ac \operatorname{Sin} 2\varphi \operatorname{Sin}(\psi' - \psi) \operatorname{Sin} \frac{2\pi\theta}{\tau} \\ J_2 = & 2a^2 \operatorname{Sin}^2 \varphi \,[1 - \operatorname{Cos}(\psi' - \psi)] + 2c^2 \operatorname{Cos}^2 \varphi \,[1 + \operatorname{Cos}(\psi' - \psi)] \\ & + 2ac \operatorname{Sin} 2\varphi \operatorname{Sin}(\psi' - \psi) \operatorname{Sin} \frac{2\pi\theta}{\tau} \\ J = & 2\,(a^2 + c^2))\,[1 + \operatorname{Cos} 2\varphi \operatorname{Cos}(\psi' - \psi)] \\ & + 4ac \operatorname{Sin} 2\varphi \operatorname{Sin}(\psi' - \psi) \operatorname{Sin} \frac{2\pi\theta}{\tau}. \end{aligned} \tag{5}$$

Die Differenz $\psi' - \psi$ ist die Verzögerung in der Phase, welche der erste Strahl gegen den zweiten erfahren hat. Bezeichnet man mit λ die Wellenlänge des Strahls in Luft, so kann man

$$\psi' - \psi = \frac{2\pi\Delta}{\lambda} \tag{6}$$

setzen und bedeutet dann Δ den auf einen Weg in Luft reducir-

ten Gangunterschied der beiden Strahlen. Nach Einführung dieser Bezeichnung wird die Formel für die Intensität

$$J = 2(a^2 + c^2)\left(1 + \operatorname{Cos} 2\varphi \operatorname{Cos} \frac{2\pi\Delta}{\lambda}\right) \tag{7}$$
$$+ 4ac \operatorname{Sin} 2\varphi \operatorname{Sin} \frac{2\pi\Delta}{\lambda} \operatorname{Sin} \frac{2\pi\Delta}{\lambda}.$$

Bei den hier zu discutirenden Versuchen kommt bei Anwendung von polarisirtem Licht dieses immer aus einem Nicol'schen Prisma und einem Fresnel'schen Parallelepiped. Ist die Einfallsebene des letzteren parallel mit der Richtung der Componente ζ, so ist die zwischen den Componenten ξ und ζ bestehende Differenz der Phasenzeiten

$$\vartheta = -\frac{\tau}{4}$$

und bedeuten demnach die ursprünglich angenommenen Schwingungscomponenten

$$\xi = a \operatorname{Sin} \frac{2\pi t}{\tau}, \quad \zeta = -c \operatorname{Cos} \frac{2\pi t}{\tau}$$

eine linkscirculare Schwingung.

Bildet die Richtung der aus dem Nicol'schen Prisma austretenden Schwingungen mit der Einfallsebene des Parallelepipedes den Winkel α, so wird, die Amplitude dieser Schwingungen $= 1$ angenommen,

$$a = \operatorname{Sin} \alpha, c = \operatorname{Cos} \alpha$$

und die Formel für J verwandelt sich in

$$J = 2\left(1 + \operatorname{Cos} 2\varphi \operatorname{Cos} \frac{2\pi\Delta}{\lambda} - \operatorname{Sin} 2\alpha \operatorname{Sin} 2\varphi \operatorname{Sin} \frac{2\pi\Delta}{\lambda}\right). \tag{8}$$

Das auf die Doppelplatte fallende Licht ist linkselliptisch polarisirt, wenn Sin 2α positiv, rechtselliptisch, wenn Sin 2α negativ ist. Die Polarisation ist eine links- oder rechtscirculare, wenn Sin $2\alpha = +1$ oder $= -1$, sie ist eine lineare, wenn Sin $2\alpha = 0$.

II. Talbot'sche Linien.

Die abgeleiteten Intensitätsformeln können zur Erklärung der Erscheinungen, welche bei dem ersten im Eingange beschriebenen Versuche auftreten, angewandt werden, sobald man in den Ausdrücken für ψ und ψ' unter δ die Dicke des Glasplättchens, welches die eine Hälfte der Doppelplatte bedeckt, versteht und unter v die Geschwindigkeit des Lichtes im Glase. δ' ist $= \delta$ und v' die Geschwindigkeit des Lichtes in der Luft.

Wird zuerst die Doppelplatte weggedacht, also $d = 0$ und $\varphi = 0$ gesetzt, so bleibt

$$\psi' - \psi = \frac{2\pi\delta}{\tau}\left(\frac{1}{v} - \frac{1}{v'}\right) = \frac{2\pi\delta(\mu-1)}{\lambda}$$

und

$$\Delta = \delta\,(\mu - 1)$$

unter μ den Brechungsquotienten des Glases für das angewandte Licht, unter λ die Wellenlänge dieses Lichtes in Luft verstanden.

Unter diesen Voraussetzungen erhält die Formel (7) folgende Gestalt:

$$J = 2\,(a^2 + c^2)\left(1 + \operatorname{Cos}\frac{2\pi\Delta}{\lambda}\right).$$

Sie gibt die Vertheilung der Lichtintensität im Spectrum unabhängig von der Art der Polarisation des angewandten Lichtes und zwar die Minima der Intensität für jene Stellen des Spectrums, deren Wellenlängen der Bedingung

$$\frac{2\pi\Delta}{\lambda} = (2n+1)\,\pi$$

unter n eine ganze Zahl verstanden, genügen und die Maxima für jene Orte, für welche Δ einer ganzen Anzahl von λ gleich wird.

Die Einführung der Doppelplatte bringt nun in dem Verhalten der Erscheinung Veränderungen hervor, und zwar, da der Winkel 2φ für die verschiedenen Strahlen vom rothen bis zum

violetten Ende des Spectrums continuirlich wächst, in den verschiedenen Theilen des Spectrums auch in verschiedener Weise.

Die Winkel, um welche eine Quarzplatte von 1 Mm. Dicke die Polarisationsebene der den Fraunhofer'schen Hauptlinien entsprechenden Strahlen dreht, sind folgende:

B	*C*	*D*	*E*	*F*	*G*	*H*
15°55	17°22	21°76	27°46	32°96	42°37	59°98.

Da die Soleil'sche Doppelplatte 7·5 Mm. dick ist, so sind die diesen Strahlen entsprechenden Werthe von 2φ in Graden

B	*C*	*D*	*E*	*F*	*G*	*H*
233	258	325	412	490	636	745

Zwischen den Linien *D* und *E* befindet sich daher eine Stelle, für welche $2\varphi = 360°$. Für diese Stelle hat also die Intensitätsformel dieselbe Gestalt,

$$J = 2\,(a^2+c^2)\left(1+\mathrm{Cos}\,\frac{2\pi\Delta}{\lambda}\right)$$

wie bei abwesender Doppelplatte. An dieser Stelle ist J unabhängig vom Polarisationszustande des einfallenden Lichtes, es tritt daher an dieser Stelle keinerlei Veränderung der Intensität, keinerlei Verschiebung in den Interferenzstreifen ein, wie auch die Polarisationsarten gewechselt werden mögen. Da, wie später sich ergeben wird, die Doppelplatte keinen Einfluss auf den Werth von Δ hat, so wird an dieser Stelle des Spectrums das Interferenzphänomen sich nicht ändern, wenn man die Doppelplatte aus dem Gange der Strahlen heraushebt.

Zwischen den Linien *F* und *G* befindet sich eine Stelle, welche in einer Beziehung ganz so sich verhält, wie die eben hervorgehobene. Es ist jene Stelle, für welche $2\varphi = 540°$ also $\mathrm{Cos}\, 2\varphi = -1$, $\mathrm{Sin}\, 2\varphi = 0$ ist. Die Intensität des Lichtes an dieser Stelle ist bestimmt durch die Formel

$$J = 2\,(a^2+c^2)\left(1-\mathrm{Cos}\,\frac{2\pi\Delta}{\lambda}\right)$$

also ebenfalls unabhängig von dem Polarisationszustande des Lichtes. Auch hier bleiben, wenn letzterer irgendwie verändert

wird, die Interferenzstreifen unbeweglich. Es unterscheidet sich aber diese Stelle von der früheren dadurch, dass hier ein Minimum der Intensität einem Δ entspricht, welches ein ganzes Vielfache der Wellenlänge ist, während an der früheren Stelle dem Gangunterschiede von einer ganzen Anzahl Wellenlängen ein Maximum der Intensität entspricht. Die Wegnahme der Doppelplatte würde also das Interferenzphänomen an dieser zweiten Stelle nicht ungeändert lassen, sondern eine Vertauschung der Maxima und Minima, also eine Verschiebung der Interferenzlinien um die Hälfte der Streifendistanz zur Folge haben.

Die zwei hervorgehobenen Stellen sind in aller Strenge mathematische Linien, es werden aber auch die benachbarten Orte des Spectrums, für welche die Werthe des Winkels 2φ von 360° oder 540° nur sehr wenig verschieden sind, das gleiche Verhalten zeigen, insofern sich sehr kleine Intensitätsänderungen oder sehr kleine Verschiebungen der Interferenzlinien der Beobachtung entziehen.

Ganz andere Eigenthümlichkeiten, als diese zwei Orte im Spectrum, für welche 2φ eine gerade Anzahl rechter Winkel war, bieten jene dar, für welche 2φ eine ungerade Anzahl rechter Winkel ist. Die erste solche Stelle liegt zwischen den Linien *C* und *D*, für dieselbe ist $2\varphi = 270°$, $\text{Cos}\, 2\varphi = 0$, $\text{Sin}\, 2\varphi = -1$, also

$$J = 2\,(a^2 + c^2) - 4ac\, \text{Sin}\, \frac{2\pi\Delta}{\lambda}\, \text{Sin}\, \frac{2\pi\delta}{\tau}\,.$$

Ist das auf die Doppelplatte fallende Licht linear polarisirt, somit $\delta = 0$, so wird

$$J = 2\,(a^2 + c^2)$$

unabhängig von Δ. Es ist also an dieser Stelle kein Maximum oder Minimum der Intensität möglich und auch in der Nachbarschaft dieser Stelle, wo $\text{Cos}\, 2\varphi$ zwar nicht stricte $= 0$, sondern nur sehr klein ist, entziehen sich die Maxima und Minima der Beobachtung, an dieser Stelle giebt es keine Interferenzlinien.

Ist aber das auf die Doppelplatte fallende Licht rechtselliptisch polarisirt also $\text{Sin}\, \frac{2\pi\delta}{\tau}$ positiv, so treten auch an dieser

Stelle Interferenzlinien auf und zwar wird J ein Minimum, wenn

$$\frac{2\pi\Delta}{\lambda} = (4n+1)\frac{\pi}{2},$$

und ein Maximum, wenn

$$\frac{2\pi\Delta}{\lambda} = (4n+3)\frac{\pi}{2}.$$

Ebenso gibt linkselliptisch polarisirtes Licht, für welches $\operatorname{Sin}\frac{2\pi\theta}{\tau}$ negativ ist, Interferenzlinien, mit dem Unterschiede jedoch, dass an die Stelle des früheren Maximums jetzt ein Minimum tritt und umgekehrt. Beim Übergange vom rechtselliptischen zu linkselliptischem Lichte vertauschen sich Maxima und Minima, die Interferenzlinien verschieben sich plötzlich um die halbe Distanz zweier Streifen.

Die Grössenunterschiede zwischen den Maximis und Minimis werden um so bedeutender, je grösser $\operatorname{Sin}\frac{2\pi\theta}{\tau}$ und je näher a und c einander liegen, sie werden am bedeutendsten für $a = c$ und $\operatorname{Sin}\frac{2\pi\theta}{\tau} = \pm 1$, also für circular polarisirtes Licht. Für diesen Fall wird

$$J = 4a^2\left(1 \mp \operatorname{Sin}\frac{2\pi\Delta}{\lambda}\right),$$

worin das obere oder untere Zeichen gilt, je nachdem das Licht rechts- oder linkscircular polarisirt ist. Die Minima der Intensität sind $J = 0$, die entsprechenden Interferenzlinien ganz schwarz.

Ganz dieselben Verhältnisse wie an der soeben betrachteten Stelle des Spectrums, finden sich an jener, für welche $2\varphi = 630°$, also ebenfalls $\operatorname{Cos} 2\varphi = 0$ und $\operatorname{Sin} 2\varphi = -1$ ist. Diese Stelle liegt unmittelbar vor der Linie G.

Endlich verhält sich noch jene Stelle zwischen E und F, für welche $2\varphi = 450°$, $\operatorname{Cos} 2\varphi$ ebenfalls $= 0$, $\operatorname{Sin} 2\varphi$ aber $= +1$ ist, in ähnlicher Weise. Es vertauschen nur hier im Gegenhalt zu den zwei andern Stellen rechts- und linkselliptisch polarisirte Strahlen ihre Rolle.

Zur Darstellung der Vorgänge in den übrigen Theilen des Spectrums soll die Formel (8) benützt werden. Um die Orte zu erfahren, für welche

$$J=2\left(1+\mathrm{Cos}\,2\varphi\,\mathrm{Cos}\,\frac{2\pi\Delta}{\lambda}-\mathrm{Sin}\,2\alpha\,\mathrm{Sin}\,2\varphi\,\mathrm{Sin}\,\frac{2\pi\Delta}{\lambda}\right)$$

ein Maximum oder Minimum wird, hat man diese Gleichung nach λ zu differenziren. Dabei können φ und Δ, weil sie sich nur sehr wenig von einem bis zum nächsten Interferenzstreifen ändern, als constant betrachtet werden. Es wird nach Weglassung des Factors $\frac{2\pi\Delta}{\lambda^2}$

$$\frac{dJ}{d\lambda}=-\mathrm{Cos}\,2\varphi\,\mathrm{Sin}\,\frac{2\pi\Delta}{\lambda}-\mathrm{Sin}\,2\alpha\,\mathrm{Sin}\,2\varphi\,\mathrm{Cos}\,\frac{2\pi\Delta}{\lambda}$$

und die Werthe von $\frac{2\pi\Delta}{\lambda}$, für welche J grösste und kleinste Werthe hat, sind die Wurzeln der Gleichung

$$\mathrm{Sin}\frac{2\pi\Delta}{\lambda}\,\mathrm{Cos}\,2\varphi+\mathrm{Cos}\,\frac{2\pi\Delta}{\lambda}\,\mathrm{Sin}\,2\alpha\,\mathrm{Sin}\,2\varphi=0$$

oder auch der Gleichung

$$\mathrm{Tang}\,\frac{2\pi\Delta}{\lambda}=-\mathrm{Tang}\,2\varphi\,\mathrm{Sin}\,2\alpha\,. \tag{10}$$

Da

$$\frac{d^2J}{d\lambda^2}=-\mathrm{Cos}\,2\varphi\,\mathrm{Cos}\,\frac{2\pi\Delta}{\lambda}+\mathrm{Sin}\,2\alpha\,\mathrm{Sin}\,2\varphi\,\mathrm{Sin}\,\frac{2\pi\Delta}{\lambda}$$

mit Hilfe der vorhergehenden Gleichung auf die Form

$$-\left(\mathrm{Cos}^2\,2\varphi+\mathrm{Sin}^2\,2\alpha\,\mathrm{Sin}^2\,2\varphi\right)\frac{\mathrm{Cos}\frac{2\pi\Delta}{\lambda}}{\mathrm{Cos}\,2\varphi}$$

gebracht werden kann, so entsprechen die Maxima von J jenen Wurzeln der Gleichung (10), für welche $\mathrm{Cos}\,\frac{2\pi\Delta}{\lambda}$ und $\mathrm{Cos}\,2\varphi$

gleiche Zeichen, und die Minima jenen Wurzeln, für welche diese zwei Cosinus ungleiche Zeichen haben.

Ist das Licht geradlinig polarisirt, also $\alpha=0$, so geht die Gleichung (10) über in

$$\text{Tang}\,\frac{2\pi\Delta}{\lambda}=0 \tag{11}$$

und diese hat alle ganzen Vielfachen von π zu Wurzeln. Es soll die Discussion zunächst beschränkt werden auf den rothen Theil des Spectrums. In diesem ist Cos 2φ negativ, es entsprechen also den geraden Vielfachen von π die Minima der Intensität, den ungeraden die Maxima.

Geht man zu rechtselliptisch polarisirtem Lichte über, nimmt also α negativ, jedoch zunächst sehr klein, so werden auch die Wurzeln der Gleichung (10) nur wenig von den Vielfachen von π sich unterscheiden und zwar, da für den rothen Theil des Spectrums Tang 2φ positiv ist, also an die Stelle der Null in der Gleichung (11) eine kleine positive Zahl tritt, grösser sein als die Vielfachen von π. Demgemäss werden auch die Maxima und Minima sich verschieben und zwar, da wachsenden Werthen von $\frac{2\pi\Delta}{\lambda}$ abnehmende von λ entsprechen, gegen das violette Ende des Spectrums. Diese Verschiebung wird immer grösser mit den wachsenden absoluten Werthen von α, sie erreicht ihren grössten Werth, wenn $\alpha=-45°$, Sin $2\alpha=-1$ wird, das Licht also circular polarisirtes ist. Die Gleichung (10) wird dann

$$\text{Tang}\,\frac{2\pi\Delta}{\lambda}=\text{Tang}\,2\varphi\,. \tag{12}$$

Nach dem unmittelbaren Anblicke dieser Gleichung könnte man meinen, die Wurzeln der Gleichung (10) seien beim Übergange von der Gleichung (11) zur Gleichung (12) sämmtlich um 2φ gewachsen. Nach der soeben geführten Betrachtung über das successive Anwachsen der Wurzeln darf jedoch nicht 2φ, sondern muss jener Bogen im ersten Quadranten, der mit 2φ die gleiche Tangente hat, als Zuwachs der Wurzeln genommen werden, also, da 2φ in diesem Theile des Spectrums zwischen 180° und

270° liegt, der Bogen $2\varphi—180°$ oder $2\varphi—\pi$. Ist z. B. $2\varphi = 225°$ oder $= \frac{5\pi}{4}$, so beträgt der Zuwachs der Wurzeln nicht $\frac{5\pi}{4}$, sondern nur $\frac{\pi}{4}$ und dem entsprechend beträgt die Verschiebung der Interferenzstreifen beim Übergange von linearpolarisirtem zu rechtscircularpolarisirtem Licht

$$\frac{\pi}{4} : 2\pi = \frac{1}{8}$$

der Streifendistanz.

Geht der Winkel α über $—45°$ hinaus, so wird Sin 2α wieder kleiner, die Wurzeln der Gleichung (10) nehmen ab und dem entsprechend rücken auch die Interferenzlinien gegen ihre ursprüngliche Lage zurück, welche sie wieder erreichen, wenn $\alpha = —90°$, Sin $2\alpha = 0$ geworden ist.

Lässt man den Winkel α noch weiter im negativen Sinne wachsen, so wird Sin 2α positiv und es nehmen jetzt die Wurzelwerthe der Gleichung (10) successive ab, bis Sin $2\alpha = + 1$ wird. Dem entsprechend gehen auch die Interferenzlinien aus ihrer ursprünglichen Lage gegen das rothe Ende, und zwar an der oben zum Beispiel gewählten Stelle um $^1/_8$ der Streifendistanz. Beim Übergange von rechts- zu linkscircularem Licht tritt also an dieser Stelle eine Verschiebung um $^1/_4$ Streifendistanz ein.

Allgemein beträgt die Verschiebung der Interferenzlinien beim Übergange von linear- zu rechtscircularpolarisirtem Licht

$$\frac{2\varphi—\pi}{2\pi}$$

Theile einer Streifendistanz gegen das violette, beim Übergange von linear- zu linkscircularpolarisirtem Licht eben so viel gegen das rothe Ende des Spectrums. Im Ganzen also tritt beim Übergange von rechts- zu linkscircularem Lichte eine Verschiebung um

$$\frac{4\varphi}{2\pi} — 1$$

Theile einer Streifendistanz gegen das rothe Ende des Spectrums ein.

Diese Verschiebung wird für die weiter gegen das rothe Ende zu liegenden Theile des Spectrums immer kleiner, für die weiter gegen die Linie *C* hin gelegenen Theile des Spectrums immer grösser, bis sie hinter dieser Linie, wo $2\varphi = \frac{3\pi}{2}$, $4\varphi = 3\pi$ ist, den Werth einer halben Streifendistanz erreicht.

Auch die Geschwindigkeit, mit der sich die Interferenzstreifen bei einer successiven Änderung des Winkels α verschieben, ist vom Anfang des Roth bis zur Linie *C* sehr verschieden, sie wächst mit der Grösse des Werthes von Tang 2φ, also vom Anfang des Roth bis zu *C* hin und wird hinter dieser Linie mit Tang 2φ zugleich unendlich, die Verschiebung verwandelt sich in den plötzlichen Sprung.

In der folgenden Partie des Spectrums, für welche die Werthe von 2φ zwischen 270° und 360° liegen, ist der Verhalt der Erscheinungen ein ganz anderer, als in der soeben betrachteten ersten Abtheilung des Spectrums. Zuerst entsprechen für den Fall des geradlinig polarisirten Lichtes, entgegengesetzt gegen früher, jenen Wurzeln der Gleichung (11), welche gerade Vielfache von π sind, die Maxima, und den ungeraden Vielfachen die Minima, weil jetzt Cos 2φ positiv ist.

Ferner ist in dieser zweiten Partie Tang 2φ negativ. Demnach wechselt die mit den Änderungen von α verbundene Änderung der Wurzeln der Gleichung (10) ihren Sinn. Es verschieben sich daher auch die Interferenzlinien beim Übergange von linear- zu rechtselliptisch polarisirtem Lichte nicht gegen das violette sondern gegen das rothe Ende, also beim Übergange von rechts- zu linkscircular polarisirtem Lichte gegen das violettte Ende des Spectrums.

Was die Zu- oder die Abnahme der Wurzeln der Gleichung (10) beim Übergange von der Form (11) bis zur Form (12) anbelangt, so ist selbe gleich dem Winkel im ersten Quadranten, der mit 2φ die gleiche Tangente hat, er ist $360° - 2\varphi$ oder $2\pi - 2\varphi$. Die Verschiebung der Interferenzstreifen beträgt beim Übergange von linear- zu circularpolarisirtem Lichte

$$1-\frac{2\varphi}{2\pi}$$

Theile einer Streifendistanz, und beim Übergange von rechts- zu linkscircularpolarisirtem Lichte

$$2-\frac{4\varphi}{2\pi}$$

Theile einer Streifendistanz gegen das violette Ende des Spectrums.

Die Verschiebungen und die Geschwindigkeiten, mit denen sie stattfinden, nehmen vom Anfang dieser Abtheilung bis gegen ihr Ende, für welches $2\varphi = 360°$ ist, successive ab.

Die Erscheinungen in der dritten Abtheilung, in welcher die Werthe von 2φ zwischen 360° und 450° liegen, bilden gewissermassen das Spiegelbild zu den Erscheinungen in der zweiten Abtheilung, die Grenze zwischen beiden Abtheilungen stellt den Spiegel vor. Wie in der zweiten Abtheilung, bestimmen für den Fall des linearpolarisirten Lichtes von den Wurzeln der Gleichung (11) die geraden Vielfachen von π die Maxima, die ungeraden die Minima der Intensität. Die Verschiebungen der Interferenzstreifen beim Übergange zu elliptischpolarisirtem Lichte sind aber jetzt wegen des positiven Zeichens von Tang 2φ gegen die der zweiten Abtheilung die verkehrten.

Wie sich die Erscheinungen in den weiter gegen das violette Ende liegenden Partien des Spectrums gestalten, ist nach den bisher gegebenen Erläuterungen leicht zu übersehen.

Für den Fall, dass das auf die Doppelplatte fallende Licht circularpolarisirtes ist, nimmt die Intensitätsformel eine sehr einfache und leicht discutirbare Gestalt an. Setzt man in (7)

$$a = c\,,\ \operatorname{Sin}\frac{2\pi\theta}{\tau} = \pm 1$$

so wird

$$J = 4a^2\left[1 + \operatorname{Cos}\left(\frac{2\pi\Delta}{\lambda} \pm 2\varphi\right)\right] \tag{13}$$

und gilt das obere Zeichen für rechts-, das untere für linkscircularpolarisirtes Licht.

Für die Maxima und Minima liefert diese Formel sehr einfache und zwar für alle Theile des Spectrums zugleich geltende Bedingungsgleichungen. So ist die Bedingung für die Minima

$$\frac{2\pi\Delta}{\lambda} \mp 2\varphi = (2n+1)\,\pi$$

oder

$$(14) \qquad \frac{2\pi\Delta}{\lambda} = (2n+1)\,\pi \pm 2\varphi\,.$$

Man kann sich leicht überzeugen, dass durch diese Gleichung für die Minima dieselben Orte im Spectrum bestimmt sind, welche früher durch eine umständlichere Discussion gefunden worden sind.

Was jedoch die absolute Grösse und die Richtung der Verschiebungen, welche in den Interferenzlinien beim Übergange von rechts- zu linkscircularem Lichte eintreten, anbetrifft, so legt diese Formel ein ganz anderes Resultat an die Hand, als das vorhin gefundene. Da sich der Quotient $\frac{2\pi\Delta}{\lambda}$ bei Vertauschung der zwei bezeichneten Lichtarten von $(2n+1)\pi+2\varphi$ zu $(2n+1)\pi-2\varphi$, also um 4φ verkleinert, so muss man daraus auf eine, in allen Theilen des Spectrums gleichsinnige Verschiebung der Interferenzlinien gegen das rothe Ende und zwar um

$$\frac{4\varphi}{2\pi}$$

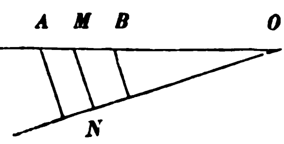
Theile einer Streifendistanz schliessen, umsomehr, als 4φ zufolge der Formel (1) gerade den beim Wechsel der zwei bezeichneten Lichtarten eintretenden Zuwachs der Verzögerung zwischen den durch die beiden Hälften der Doppelplatte gehenden Strahlen bedeutet. Der Unterschied zwischen den durch diese und den durch die früheren Betrachtungen gefundenen Verschiebungen beträgt jedoch immer eine ganze Anzahl von Streifendistanzen.

Wenn man also auch von dieser Anschauung ausgeht, wie ich es in früheren Mittheilungen über diese Versuche gethan, so findet man doch keinen Widerspruch zwischen ihr und der

Beobachtung, wenn man nur die Lagen der Interferenzlinien vor und nach der Verschiebung misst und die gefundenen Differenzen um eine ganze Anzahl von Streifendistanzen ergänzt.

III. Versuch mit zwei Spalten.

AB stelle den Querschnitt einer Spalte in einem undurchsichtigen Schirme *OO'* dar. Die Summe aller Bewegungen, welche durch die in *AB* unter dem Winkel β gebeugten Strahlen gleichzeitig in den zu diesen Strahlen normalen Schnitt *O'N* gelangen, ist proportional dem Ausdrucke



$$\int dx \operatorname{Sin} \frac{2\pi}{\tau}\left(t - \frac{MN}{v}\right),$$

wenn, $OM = x$ gesetzt, dx ein Element der Spaltenbreite bedeutet. Die Grenzen, innerhalb welcher das Integral zu nehmen ist, sind $x = OA = p$ und $x = OB = p + b$. b ist die Breite der Spalte. Setzt man noch $BO' = q$, so ist

$$MN = MO' \operatorname{Sin} \beta = (p + b + q - x) \operatorname{Sin} \beta$$

und der Werth des Integrals wird

$$\frac{\lambda}{\pi \operatorname{Sin} \beta} \operatorname{Sin} \frac{\pi b \operatorname{Sin} \beta}{\lambda} \operatorname{Sin} \frac{2\pi}{\tau}\left(t - \frac{q \operatorname{Sin} \beta}{v} - \frac{b \operatorname{Sin} \beta}{2v}\right)$$

worin λ die Wellenlänge bedeutet.

Ist noch eine Spalte von derselben Breite b in der Distanz e von der ersten vorhanden, so ist der Ausdruck für die Summe der von ihr unter dem Winkel β ausgehenden und gleichzeitig in *O'N* anlangenden Bewegungen analog dem soeben abgeleiteten, es ist nur q um $(b + e) \operatorname{Sin} \beta$ kleiner zu nehmen.

Das aus der ersten Spalte kommende Licht verhält sich also zu dem aus der zweiten Spalte kommenden, als hätte es einen um $(b + e) \operatorname{Sin} \beta$ längeren Weg zurückgelegt, als das letztere.

Die oben abgeleiteten Intensitätsformeln, z. B. die Formeln (5), (7), (8) gelten daher auch für diesen Fall, wenn man in dem

Ausdrucke für $\psi'-\psi$

$$\delta=(b+e)\,\mathrm{Sin}\,\beta\,,\quad \delta'=0$$

setzt und ausserdem jeder der Amplituden a und c den Factor

$$\frac{\lambda}{\pi\,\mathrm{Sin}\,\beta}\,\mathrm{Sin}\,\frac{\pi b\,\mathrm{Sin}\,\beta}{\lambda}$$

hinzufügt.

Den grössten und kleinsten Werthen dieses Factors entsprechen die Maxima und Minima der Lichtintensität erster Classe, den grössten und kleinsten Werthen des andern durch die Formeln (5, 7, 8) ausgedrückten Factors, die Maxima und Minima zweiter Classe. Die letzteren bilden die hellen und dunklen Streifen im Mittelfelde der Erscheinung.

Den folgenden Betrachtungen soll die Formel (8) zu Grunde gelegt werden, der Ausdruck für die Intensität wird

$$J=\frac{2\lambda^2}{\pi^2\,\mathrm{Sin}^2\,\beta}\,\mathrm{Sin}^2\,\frac{\pi b\,\mathrm{Sin}\,\beta}{\lambda}\left(1+\mathrm{Cos}\,2\varphi\,\mathrm{Cos}\,\frac{2\pi\Delta}{\lambda}\right.$$
$$\left.-\,\mathrm{Sin}\,2\alpha\,\mathrm{Sin}\,2\varphi\,\mathrm{Sin}\,\frac{2\pi\Delta}{\lambda}\right).$$

Ist das Licht linearpolarisirt, $\alpha=0$, so ist

$$J=\frac{2\lambda^2}{\pi^2\,\mathrm{Sin}\,\beta}\,\mathrm{Sin}^2\,\frac{\pi b\,\mathrm{Sin}\,\beta}{\lambda}\left(1+\mathrm{Cos}\,2\varphi\,\mathrm{Cos}\,\frac{2\pi\Delta}{\lambda}\right).$$

Es wird für $\mathrm{Cos}\,\frac{2\pi\Delta}{\lambda}=+1$ also für $\Delta=0$ die Intensität ein Maximum oder Minimum, je nachdem $\mathrm{Cos}\,2\varphi$ positiv oder negativ ist.

Nimmt man z. B. rothes Licht, für welches $\mathrm{Cos}\,2\varphi$ negativ ist, so erscheint die Mitte des Interferenzfeldes dunkel, wählt man gelbes Licht, für welches $\mathrm{Cos}\,2\varphi$ negativ ist, so ist die Mitte hell. In beiden Fällen ist auch die Vertheilung der Interferenzlinien bezüglich der Mitte symmetrisch. Man kann daraus schliessen, dass für $\beta=0$ auch $\Delta=0$ also $\psi'-\psi=0$ ist.

Nun war allgemein

$$\psi'-\psi=\frac{\pi d}{\tau}\left(\frac{1}{r}+\frac{1}{l}\right)+\frac{2\pi\delta}{v\tau}-\frac{\pi d'}{\tau}\left(\frac{1}{r'}+\frac{1}{l'}\right)-\frac{2\pi\delta'}{v'\tau}.$$

In unserem Falle ist $d=d'$ und $\delta'=0$ und für $\beta=0$ auch $\delta=0$, also bleibt

$$\frac{1}{r}+\frac{1}{l}-\frac{1}{r'}-\frac{1}{l'}=0.$$

Da beide Platten die Polarisationsebene um gleiche Winkel, aber entgegengssetzt drehen, also $\varphi'=-\varphi$ ist, so folgt aus den Formeln (1) und (3)

$$\frac{1}{r}-\frac{1}{l}=-\frac{1}{r'}+\frac{1}{l'}$$

und aus dieser und der vorhergehenden Gleichung ergibt sich

$$r=l',\quad l=r'$$

d. h. die rechts- und linkscircularen Strahlen vertauschen in den zwei entgegengesetzt drehenden Arten des Quarzes vollständig ihre Rollen, in beiden Arten kommen dieselben absoluten Werthe der Fortpflanzungsgeschwindigkeit vor. Es bedeutet daher Δ nur den durch die Beugung in den zwei Öffnungen veranlassten Gangunterschied, es ist

$$\Delta=(b+e)\operatorname{Sin}\beta.$$

Die weitere Discussion der Intensitätsformel ist auch für diesen Versuch in analoger Weise zu führen wie für den vorhergehenden. Nur ist jetzt Δ die Variable, nach der die Formel für J differenzirt werden muss, um die Bedingungsgleichung für die Maxima und Minima von J zu erhalten. Diese Bedingungsgleichung ist jedoch wieder die Gleichung (10), durch ihre Wurzeln sind auch jetzt die Orte der Maxima und Minima bestimmt.

Im rothen Lichte liegen für linearpolarisirtes Licht die Minima in jenen Theilen des Gesichtsfeldes, welche durch

$$\Delta=0,\ \pm\lambda,\ \pm2\lambda,\ \ldots$$

bestimmt sind.

Beim Übergange zu rechtselliptischem Lichte wachsen die Wurzelwerthe, so dass die Minima an die Stellen rücken, für welche, unter ε den Wurzelzuwachs verstanden,

$$\Delta = \varepsilon, \quad \pm\lambda + \varepsilon, \quad \pm 2\lambda + \varepsilon, \ldots$$

Es rückt also das Interferenzphänomen gegen die Seite der positiven Δ vor. Das Umgekehrte tritt bei Anwendung von linkselliptischem Lichte ein. Die grösste Verschiebung nach der Seite der positiven Δ tritt bei rechtscircularem Lichte ein und sie beträgt

$$\frac{2\varphi - \pi}{2\pi}$$

Theile der Distanz zweier Streifen. Die Verschiebung im entgegengesetzten Sinne beim Übergange vom rechts- zu linkscircularem Lichte ist doppelt so gross, beträgt also

$$\frac{4\varphi}{2\pi} - 1$$

Theile einer Streifendistanz, nach dieser Betrachtung also wieder um eine Streifendistanz weniger als sich nach der Formel (9) ergibt.

Für Licht, dessen Drehungswinkel 2φ zwischen 270° und 360° liegt, fallen, falls es linearpolarisirt ist, die Minima an die Orte, für welche

$$\Delta = \pm\frac{\lambda}{2}, \quad \pm\frac{3\lambda}{2}, \ldots$$

beim Übergange zu rechtselliptischem Lichte gehen die Minima an Orte, für welche

$$\Delta = \pm\frac{\lambda}{2} - \varepsilon, \quad \pm\frac{3\lambda}{2} - \varepsilon, \ldots$$

Es rückt also das Interferenzphänomen gegen die Seite der negativen Δ vor, der Verschiebung grösster Werth ist

$$\frac{2\pi - 2\varphi}{2\pi}$$

Theile einer Streifendistanz. Beim Übergange von rechts- zu linkscircularem Lichte beträgt die Verschiebung

$$2 - \frac{4\varphi}{2\pi}$$

Theile der Streifendistanz nach der Seite der positiven Δ.

Zur Erklärung der Erscheinungen, welche bei Anwendung eines aus verschiedenen Farben gemischten, namentlich also des weissen Lichtes sich zeigen, ist es nothwendig, die Orte für die Maxima und Minima für verschiedene Farben numerisch zu berechnen.

Nimmt man für die Wellenlängen der den Fraunhofer'schen Linien entsprechenden Strahlen die genäherten Werthe

B	*C*	*D*	*E*	*F*
0·00069	66	59	53	49

so erhält man unter der Voraussetzung linearpolarisirten Lichtes folgende den Minimis entsprechende Werthe von Δ und zwar mit Weglassung des Factors 10^{-4} für

B	0,	69,	138,	206,	. . . .
C	0,	66,	131,	197,	. . . .
D	29,	88,	147,	207,	. . . .
E	26,	79,	132,	185,	. . . .
F	0,	49,	97,	146,	. . . .

und eine ebensolche Reihe negativer Δ. In die Mitte dieser Werthe fallen die den Maximis entsprechenden Δ.

Wird dieser Versuch mit den zwei Spalten ohne die drehende Platte gemacht, so haben alle Strahlen für $\Delta = 0$ ihr Maximum, die Mitte des Gesichtsfeldes ist weiss. Rechts und links von der Mitte erscheinen fast ganz schwarze Linien, da die Orte der Minima für die verschiedenen Farben zwar nicht zusammen, aber doch nahe an einander fallen.

Bei Anwendung der Doppelplatte aber haben in der Mitte des Gesichtsfeldes die rothen und blauen Strahlen das Minimum, die gelben und grünen, auch die violetten hingegen das Maximum der Intensität. Es erscheint demnach bei Anwendung

weissen Lichtes die Mitte des Gesichtsfeldes grünlich-weiss. Rechts und links von der Mitte fallen an die Stellen der Maxima der rothen und blauen Strahlen die Minima der gelben und grünen, es entstehen hier bläulich-rothe Streifen, an Stelle der dunklen beim Versuche ohne die Doppelplatte.

Licht, welches aus rothem und gelbem gemischt ist, wird gelbe und rothe Streifen liefern, derart dass in der Mitte des Gesichtsfeldes ein gelber Streifen sich befindet.

Für rechtscircularpolarisirtes Licht ergeben sich mit Rücksicht darauf, das für die Linien

	B	*C*	*D*	*E*	*F*
$2\varphi =$	$1 \cdot 295\pi$,	$1 \cdot 433\pi$,	$1 \cdot 806\pi$,	$2 \cdot 289\pi$,	$2 \cdot 722\pi$

ist, nach der Formel (14) folgende den Minimis entsprechende Werthe

B	—197,	—128,	—59,	+10,	+79,	+148,	+218
C	184,	118,	52,	14,	80,	145,	211
D	154,	95,	36,	23,	82,	141,	200
E	126,	73,	20,	33,	86,	139,	192
F	106,	57,	8,	41,	90,	139,	188.

Man sieht, dass auf der Seite der positiven Δ in der zweiten und dritten Verticalreihe die Werthe von Δ für die verschiedenen Fraunhofer'schen Linien sehr nahe zusammenfallen, während sie in den übrigen Reihen viel weiter auseinander gehen. Deutlich zeigt dies die graphische Darstellung der Minima durch Punkte in der beistehenden Figur.

$\Delta = 0$ 50 100 150 200

An den Orten, welche durch $\Delta = 83$ und $\Delta = 142$ bestimmt sind, werden daher bei weissem und auch bei anders gemischtem Lichte immer dunkle Streifen auftreten, sobald das Licht rechtscircular polarisirt ist. Die Interferenzerscheinung ist um den Ort, für welchen $\Delta = 112$, nahe symmetrisch.

Ebenso verhält es sich bei linkscircularem Lichte an den Orten, für welche $\Delta = -83$, $\Delta = -142$ und $\Delta = -112$. Beim

Übergange von rechts zu linkscircularem Lichte verschiebt sich also die Symmetrielinie des Interferenzphänomens von $\Delta = +112$ auf $\Delta = -112$, also im Ganzen um 224. Auf die Linie D berechnet, gibt dies eine Verschiebung äquivalent einem eingetretenen Gangunterschiede von $224 : 59 = 3 \cdot 8$ Wellenlängen, also mehr als das Doppelte von dem Gangunterschiede, der beim Wechsel der zwei Lichtarten durch die Doppelplatte erzeugt wird.

Über die Monochloritamalsäure.

Von **T. Morawski,**

Assistent an der technischen Hochschule zu Graz.

Durch Behandlung von citraconsaurem Baryum mit Unterchlorigsäurehydrat in verdünnter Lösung erhielt Carius (Annalen der Chemie u. Pharmacie, Bd. 126, S. 205 u. f.) ein Salz, dessen Säure er als Monochlorcitramalsäure beschrieb.

Späterhin studirte Wilm (Annalen der Chemie u. Pharmacie, Bd. 141, S. 28 u. f.) das Verhalten der Itaconsäure bei genannter Reaction; es gelang ihm jedoch nicht ein entsprechendes Additionsproduct mit Unterchlorigsäurehydrat zu erhalten; dass dieses sich aber vorübergehend gebildet hatte, geht unzweifelhaft hervor aus der von Wilm beobachteten Entstehung einer Säure, welche mit Citraweinsäure die gleiche Zusammensetzung hat, aber der Verschiedenheit der Eigenschaften wegen von Wilm als Itaweinsäure bezeichnet wurde.

Herr Professor Gottlieb forderte mich nun auf, das Verhalten von Itaconsäure zu untersuchen, wenn sie nach jener Methode behandelt wird, welche ihn von der Citraconsäure ebenfalls zur Monochlorcitramalsäure führte; im Verlaufe dieser Untersuchung erfreute ich mich vieler Rathschläge, welche mir Herr Professor Gottlieb gütigst ertheilte, wofür ihm zu danken ich angenehm verpflichtet bin.

Eine grössere Menge von Itaconsäure konnte leicht gewonnen werden nach der von Wilm benützten Methode unter Anwendung verschlossener Gefässe, in welchen eine wässrige Lösung von Citraconsäure anhaltend über 110° erhitzt wurde.

Durch mehrmaliges Umkrystallisiren war es möglich, die Itaconsäure von unverändert gebliebener Citraconsäure zu trennen und vollkommen rein zu erhalten. Diese Itaconsäure wurde mit kohlensaurem Natron abgesättigt und anhaltend der Einwirkung des Chlors ausgesetzt; die Lösung des itaconsauren Natrons nahm reichlich davon auf und es wurde mit dem Einleiten des Chlors solange fortgefahren, bis die Flüssigkeit von einem Überschuss desselben grünlichgelb gefärbt war.

Hierauf wurde Salzsäure zugesetzt und in einer Retorte im Wasserbad erhitzt; dabei destillirte mit viel Wasser eine kleine Menge eines Öles über, dessen Dampf auf die heftigste Weise auf die Nasenschleimhäute einwirkt; ich musste die Untersuchung dieses Öles verschieben bis ich, nach vielfach wiederholter Vornahme obiger Operationen, über eine hinreichende Menge dieses Nebenproductes verfüge.

Der Inhalt der Retorte wurde nun zur Trockne eingedampft und dann mit Äther extrahirt. Beim Abdestilliren des Äthers blieb eine braune syrupöse Flüssigkeit zurück, welche stark sauer reagirte; selbst nach mehreren Wochen erfolgte aber noch immer keine Krystallisation.

Eine kleine Menge dieser zähen Flüssigkeit wurde nochmals in Äther gelöst und der Äther bei gewöhnlicher Temperatur verdunsten gelassen; dabei traten nach kurzer Zeit Krystalle auf.

Wurden nun diese mit dem oben erhaltenen Syrup zusammengebracht, so erstarrte dieser fast augenblicklich zu einer Krystallmasse, welche dann abgepresst werden konnte.

Durch häufig wiederholtes Umkrystallisiren aus Wasser erhielt ich schliesslich farblose Krystalle, welche in Wasser sehr leicht löslich sind, stark sauren Geschmak zeigen und ein, von dem der Monochlorcitramalsäure ganz verschiedenes Äussere darbieten. Während die Monochlorcitramalsäure leicht in grossen Prismen erhalten werden kann, bildet diese Säure, wie ich sie erhielt, stets nur kleine Krystalle, welche wegen ihrer Undeutlichkeit für krystallographische Beschreibung nicht geeignet sind.

Überdies zeigt diese Säure ein anderes Verhalten als die Monochlorcitramalsäure gegen essigsauren Baryt, mit welchem

Reagens in ganz concentrirter Lösung kein krystallinischer Niederschlag entsteht, während er sich bei Monochlorcitramalsäure sehr leicht bildet und durch Schwerlöslichkeit in Wasser auszeichnet.

Diese Säure muss deshalb von der Monochlorcitramalsäure unterschieden werden und kann, um an ihre Entstehung zu erinnern, als Monochloritamalsäure bezeichnet werden.

Ihre Zusammensetzung geht aus den folgenden analytischen Daten hervor:

I. 0·5495 Grm. Substanz gaben mit chromsaurem Bleioxyd im Sauerstoffstrome verbrannt: 0·6600 Grm. Kohlensäure und 0·1960 Grm. Wasser.

II. 0·4025 Grm. gaben nach dem Glühen mit Kalk: 0·3210 Grm. Chlorsilber und 0·0015 Grm. Silber.

100 Theile enthalten somit:

Procente	I	II	Berechnet nach der Formel $C_5H_7ClO_5$
Kohlenstoff	32·76	—	32·87
Wasserstoff	3·94	—	3·84
Chlor	—	19·52	19·45
Sauerstoff	—	—	43·84
			100·00

Mit dieser reinen Säure versuchte ich nun Salze zu bereiten; hiebei stellte sich als Hinderniss die bedeutende Zerleglichkeit der Säure heraus. Wenn dieselbe mit kohlensaurem Baryt gesättigt wurde, konnte man genau den Neutralisationspunkt erreichen; wurde aber diese neutrale Flüssigkeit zum Krystallisiren gestellt, so trat bald wieder saure Reaction ein, welche vom Zerfall der Monochloritamalsäure im Salze herrühren musste; dabei konnte in der Lösung auch Chlor nachgewiesen werden, was früher nicht der Fall war.

Die Leichtigkeit, mit welcher sich diese Säure bei Gegenwart von Basen zerlegt, war auch Ursache, dass Wilm dieselbe nicht rein erhielt. Beim Eindampfen der von Quecksilber durch Schwefelwasserstoff befreiten Lösung des sauren Natronsalzes

erfolgte die Bildung von Itaweinsäure, welche durch einen Zusatz von überschüssiger Salzsäure hätte verhindert werden können, wie es thatsächlich geschah in dem von mir angewendeten Darstellungsverfahren.

Da von der Benützung von Salzen, um sich Aufklärung zu verschaffen über Moleculargewicht und Basicität, nicht die Rede sein kann, versuchte ich, über Vorschlag des Herrn Professor Gottlieb, durch ein Titrirverfahren, bei welchem sehr verdünnte Maassflüssigkeiten benützt wurden, zu denselben zu gelangen.

Von der Verlässlichkeit so erhaltener Resultate versicherte ich mich durch die genaue Beobachtung der mit kohlensaurem Baryt neutralisirten Lösung von Monochloritamalsäure; es zeigte sich, dass die Zersetzung überhaupt erst nach längerer Zeit warnehmbar wird und dass sie um so rascher erfolgt, je concentrirter die Lösung ist. In so verdünnten Lösungen, wie sie zu den Titrirungen verwendet wurden, konnte selbst einen Tag nach Beendigung des Versuches keine Zersetzung wahrgenommen werden.

Ausgegangen wurde bei diesen Versuchen von $^1/_{100}$ Normaloxalsäure; mit dieser Maassflüssigkeit wurde der Titre eines sehr verdünnten Barytwassers bestimmt, wobei Lacmustinctur als Indicator diente, welche nach Professor Gottlieb's Vorschrift angefertigt war.

Es wurden 0·202 Grm. reine Monochloritamalsäure in 100 CC. Wasser gelöst und von dieser Lösung immer weniger verwendet, als nothwendig war, um 20 CC. Barytwasser abzusättigen.

20 CC. Barytwasser brauchten dann, im Mittel dreier Versuche:

einerseits 43·36 CC. $^1/_{100}$ Oxalsäure, welche 0·059403 Grm. Baryum sättigen und andrerseits 30 CC. der Monochloritamalsäurelösung mehr 10·90 CC. der $^1/_{100}$ Oxalsäure.

30 CC. der Säurelösung entsprechen somit 0·04447 Grm. Baryum; daraus berechnet sich das Moleculargewicht der Monochloritamalsäure zu 186·5, während es theoretisch 182·5 beträgt.

Als neutrales Baryumsalz würde die im Versuch benützte Menge von Monochloritamalsäure 0·04548 Grm. Baryum erfordern, was mit der gefundenen Menge, 0·04447 Grm. Baryum ganz wohl übereinstimmt.

Ein Mittel, mit noch grösserer Sicherheit über die Basicität der Säure Aufschluss zu erhalten, dürfte in der Darstellung eines Äthyläthers der Monochloritamalsäure geboten sein, welche wahrscheinlich ausführbar ist; über einen diesbezüglichen Versuch hoffe ich demnächst Mittheilung machen zu können.

Zur Kenntniss der kleinsten sichtbaren Mondphasen.

Von dem w. M. **Karl v. Littrow.**

Man hat sich in neuester Zeit von mehreren Seiten mit der Frage beschäftigt, wie bald nach dem Neumonde die Sichel dem freien Auge wahrnehmbar werde. Es überraschte mich, von einer merkwürdigen Vorarbeit, die der grosse jüdische Philosoph Maimonides überliefert, nirgends Notiz genommen zu sehen, und ich veranlasste deshalb Herrn Rabbinats-Candidaten A. Kurrein zu einer genauen Übersetzung des hebräischen Originales, die ich nun im Folgenden gebe. Herr Kurrein hat sich die Mühe genommen, die von mir ihm unmittelbar zur Verfügung gestellte Ausgabe von „Maimonidis Constitutiones de Sanctificatione Novilunii“ in „Blasius Ugolinus, Thesaurus Antiquitatum Sacrarum, Vol. XVII.“ nicht einfach zu übertragen, sondern mit sonst gangbaren Lesarten der fraglichen Abhandlung zu vergleichen, so dass der nachstehende Text in Bezug auf treues Wiedergeben des Originales wohl kaum etwas zu wünschen übrig lassen wird. Ich gebe übrigens von dem in neunzehn Abschnitte getheilten Originale hier nur die Capitel XII—XVII, da die anderen Abschnitte Allotria enthalten, die uns nicht interessiren. Aus der ersten Reihe weggelassener Capitel will ich nur kurz erwähnen, dass mehrere derselben sich mit den Regeln befassen, nach welchen Zeugnisse darüber, dass man die Mondsichel wahrgenommen habe, zu prüfen seien. Die rituelle Bedeutung, welche das Erscheinen des neuen Mondes für die Juden durch den davon abhängenden kirchlichen Anfang ihrer Monate von jeher hatte, bewog sie nämlich von den frühesten Zeiten an und bis sie Ver-

trauen in eigentlich astronomische Berechnungen fassten[1] zu forschen, wie bald nach dem Neumonde man mit Sicherheit auf die Wahrnehmbarkeit der Sichel zählen könne. Die Aufstellung der aus solchen offenbar mehrhundertjährigen Beobachtungen abgeleiteten Formel, wohl eines der ältesten Beispiele inductiver Methode, war das lang verfolgte Ziel der Bemühungen jüdischer Schriftgelehrter, deren Ergebnisse Maimonides zusammenfasste. Ich überlasse es denjenigen, welche die Sichtbarkeit der kleinsten Mondphasen zum Gegenstande ihrer Untersuchungen gemacht, die aufgestellte, für Palästina geltende Regel zu prüfen, sowie in heutige Ausdrucksweise umzusetzen[2] und begnüge mich, nur solche Erläuterungen, welche sich bei der Revision des Ganzen von selbst ergaben, den betreffenden Stellen beizufügen. Diese Zusätze sind durch Cursivschrift vom übrigen Texte abgehoben.

Capitel XII.

Der mittlere Weg der Sonne *(mittlere tropische Bewegung)* während eines Tages — in 24 Stunden nämlich — beträgt: 59′ 8″, also beträgt der mittlere Weg in 10 Tagen 9° 51′ 23″, in 100 Tagen 98° 33′ 53″, in 1000 Tagen — nach Weglassung der jeweiligen 360°—265° 38′ 50″ und der Überschuss in 10000 Tagen 136° 28′ 20″. Auf diese Weise kann man den mittleren Weg für jede beliebige Anzahl Tage berechnen. Ebenso kann man sich bestimmte Zahlen für den mittleren Weg für 2, 3, 4—10 Tage berechnen, ebenso für 20, 30, 40—100 Tage; das ist offen und klar, sobald man den mittleren Weg für einen Tag weiss, und dann muss man bestimmt und genau wissen auch den mittleren Weg der Sonne für 29 Tage und für 354 Tage, welche ein Mondjahr ausmachen, wenn die Monate regelmässig

---

[1] Siehe die treffliche Schrift von Dr. A. Schwarz: „Der jüdische Kalender, historisch und astronomisch untersucht. Breslau 1872."

[2] Ich erlaube mir für solche Zwecke auf ein meines Wissens viel zu wenig bekanntes Werk: „J. Narrien, Historical account of the origin and progress of Astronomy. London 1833" aufmerksam zu machen.

sind, welches Jahr ein geregeltes heisst. Hat man diese mittleren Wege immer zur Hand, so ist die Berechnung für die Erscheinung des Neumondes leicht; denn volle 29 Tage verfliessen von der Nacht der Erscheinung des Neumondes bis zur Nacht seiner nächsten Erscheinung, ebenso viele in jeglichem Monate, nicht mehr und nicht weniger als 29 Tage — und hier will man blos diese Erscheinung erfahren. — Ebenso verfliesst von der Nacht der Erscheinung des Neumondes dieses Jahres bis zu der Zeit der Erscheinungsnacht desselben Neumondes des nächsten Jahres ein geregeltes Jahr, oder 1 Jahr und 1 Tag und so ist's jedes Jahr.

Der mittlere Weg der Sonne für 29 Tage beträgt 28° 35′ 1″ und für ein geregeltes Jahr 348° 55′ 15″.

Ein gewisser Punkt existirt in der Sonnenbahn und auch in den Bahnen der übrigen Planeten; befindet sich ein Planet in demselben, so ist sein ganzes Licht hoch über der Erde. Dieser Punkt der Sonnenbahn und der Planetenbahnen, mit Ausnahme des Mondes, circulirt gleichmässig und sein Weg macht in je 70 Jahren nahezu 1 Grad *(Präcession)*; dieser Punkt heisst Sonnenhöhe.

Sein Weg in je 10 Tagen beträgt 1″ und $^1/_2$=30‴, also in
100 „ 15″,
1000 „ 2′ 30″,
10000 „ 25′,
29 „ 4″ und etwas darüber,
in einem geregelten Jahr 53″.

Der Ausgang — wie früher gesagt — woher der Beginn dieser Berechnung stammt, ist der Anfang der Nacht auf Donnerstag den 3. Nissan des Jahres 4938 der Schöpfung *(23. März 1178 a. St.)*, und der Stand der Sonne im mittleren Wege betrug an diesem Ausgange 7° 3′ 32″ im Bild des Widders und der Stand der Sonnenhöhe betrug an diesem Ausgange 26° 45′ 8″ des Sternbildes der Zwillinge.

Will man den Stand der Sonne im mittleren Wege in jeder beliebigen Zeit wissen, so nimmt man die Anzahl der Tage, welche vom Tage des Ausganges bis zum gewünschten Tag verstrichen sind, berechnet den mittleren Weg dieser Tage nach dem angegebenen Verfahren, addirt zum Ausgang die gleich-

namigen Theile und das Resultat ist der Stand *(mittlere Länge)*, den die Sonne inne hat in dem mittleren Wege für diesen Tag. Wollte man z. B. den Stand der Sonne im mittleren Wege berechnen für den Anfang der Nacht auf Samstag den 14. Tamus des Ausgangsjahres, so würde sich ergeben die Anzahl der Tage vom Ausgangstage bis zu dem Tage, von welchem man den Stand der Sonne erfahren will, als 100; der mittlere Weg für 100 Tage macht 98° 33′ 53″; addirt man sie zum Ausgang, der 7° 3′ 32″ des Widders macht, so ist die Summe 105° 37′ 25″ und ihr Stand im mittleren Weg für den Anfang dieser Nacht 15° 37′ im Sternbild des Krebses. Der mittlere Weg, der aus dieser Berechnung sich ergibt, fällt manchmal genau mit dem Anfang der Nacht zusammen, zuweilen 1 Stunde vor, zuweilen ebenso viel nach Sonnenuntergang, was aber für die Berechnung der Erscheinung des Mondes nicht schadet, weil wir diese annähernde Zahl bei Berechnung des mittleren Mondweges ergänzen. So verfährt man immer für jede beliebige Zeit, selbst für 1000 Jahre; wenn man nun alle Überschüsse zum Ausgang addirt, erhält man den Ort des mittleren Weges. So geschieht's beim mittleren Mondweg und beim mittleren Weg jedes Planeten: wenn man die Grösse des Weges an einem Tage und den Ausgang, von dem man zu zählen beginnt, weiss und den Weg für die gewünschten Jahre und Tage addirt zum Ausgang, so erhält man den Stand für den mittleren Weg. In gleicher Weise verfährt man bei der Sonnenhöhe: Man addirt den Weg in diesen Tagen oder Jahren zum Ausgang, so erhält man die Sonnenhöhe für den gewünschten Tag. Auch steht es frei, einen andern Ausgang zu wählen als den hier angenommenen, um vielleicht den Ausgang vom ersten Jahre eines bekannten Cyclus oder eines Jahrhunderts zu nehmen. Will man den Ausgang einige Jahre früher oder später als den erwähnten, so ist die Weise klar. Der Weg der Sonne für ein geregeltes Jahr ist bekannt, ebenso für 29 Tage und für 1 Tag; bekannt ist, dass das Jahr, dessen Monate ergänzt sind, um 1 Tag mehr als das geregelte zählt, und dass das Jahr, dessen Monate geringer sind, um 1 Tag weniger als das geregelte zählt; dass ferner das Schaltjahr mit geregelten Monaten 30 Tage, mit ergänzten 31 Tage, mit geringeren 29 Tage mehr als ein geregeltes Jahr

zählt. Mit diesen Daten berechnet man den mittleren Weg der Sonne für die gewünschte Anzahl von Jahren und Tagen, addirt sie zu dem angegebenen Ausgang und erhält den mittleren Weg für den gewünschten Tag der späteren Jahre und kann diesen zum Ausgang nehmen; oder man subtrahirt den herausgebrachten mittleren Weg vom angegebenen Ausgang und erhält einen früheren Ausgang für den gewünschten Tag und kann diesen zum Ausgang machen.

So verfährt man auch beim mittleren Mondweg und dem der übrigen Planeten. Auch erhellt aus dem Gesagten, dass man den mittleren Weg der Sonne für jeden beliebigen vergangenen wie zukünftigen Tag berechnen kann.

Capitel XIII.

1. Will man den wahren Stand der Sonne für jeden beliebigen Tag wissen, muss man zuerst den mittleren Weg für diesen Tag nach der angegebenen Methode und dann die Sonnenhöhe berechnen und subtrahirt den Stand der Sonnenhöhe von dem mittleren Weg der Sonne, der Rest heisst wahre Sonnenbahn *(mittlere Anomalie, bezogen auf das Aphelium)*.

2. Ferner muss man sehen, wie viel Grade die wahre Sonnenbahn hat. Hat sie weniger als 180°, zieht man den Theil der Bahn von dem mittleren Weg der Sonne ab; hat sie aber mehr als 180—360°, so zählt man den Theil der Bahn zu dem mittleren Weg der Sonne hinzu und das Resultat nach Addition oder Subtraction ist der wahre *(so zu sagen: elliptische)* Stand.

3. Ist die Bahn genau 180° oder genau 360°, so ist ihr Theil = 0 und der Stand des mittleren Weges und der wahre fallen zusammen.

4. So viel beträgt der Theil der Bahn *(Gleichung des Mittelpunktes der Sonne)*.

Hat	die	Bahn	10°,	beträgt	ihr	Theil	20′
„	„	„	20°	„	„	„	40′
„	„	„	30°	„	„	„	58′
„	„	„	40°	„	„	„	1° 15′
							30°

Hat	die	Bahn	50°,	beträgt	ihr	Theil	1°	29′
„	„	„	60°	„	„	„	1°	41′
„	„	„	70°	„	„	„	1°	51′
„	„	„	80°	„	„	„	1°	57′
„	„	„	90°	„	„	„	1°	59′
„	„	„	100°	„	„	„	1°	58′
„	„	„	110°	„	„	„	1°	53′
„	„	„	120°	„	„	„	1°	45′
„	„	„	130°	„	„	„	1°	33′
„	„	„	140°	„	„	„	1°	19′
„	„	„	150°	„	„	„	1°	1′
„	„	„	160°	„	„	„		42
„	„	„	170°	„	„	„		21
„	„	„	180° genau	„	„		0°	0′

und der mittlere und wahre Stand fallen zusammen.

5. Übersteigt die Bahn 180°, so braucht man sie nur von 360° abzuziehen um ihren Theil zu wissen; wäre z. B. die Bahn 200°, so gibt das von 360° subtrahirt 160°, und für 160° ist der Theil 42′, so beträgt auch für 200° der Theil 42′.

6. Ist die Bahn 300°, so zieht man das von 360° ab, bleiben 60° und für 60° beträgt der Theil 1° 41′ und eben so viel für 300° u. s. f.

7. Hätte die Bahn 65°, so ist bekannt der Theil für 60° als 1° 41′ und für 70° beträgt der Theil 1° 51′, also macht die Differenz für 10° nur 10′ und auf jeden Grad entfällt 1′, somit ist der Theil der Bahn für 65° = 1° 46′.

8. Hätte die Bahn 67°, so beträgt ihr Theil 1° 48′. So berechnet man bei jeder Bahn, sowohl bei der Sonnen- als bei der Mondberechnung die Einheit, die mit den Zehnern verbunden ist.

9. Wollte man z. B. den wahren Stand der Sonne erfahren für den Anfang der Nacht auf den Sabbat des 14. Tamus des angegebenen Jahres, so berechnet man zuerst den mittleren Weg der Sonne für diese Zeit und der beträgt 105° 37′ 25″, berechnet die Sonnenhöhe für diese Zeit, sie beträgt 86° 45′ 23″, subtrahirt die Sonnenhöhe von dem mittleren Weg und erhält die Bahn 18° 52′ 2″. Sind die Minuten weniger als 30′, so braucht man sie nicht zu berücksichtigen, sind sie aber 30 oder mehr, so

nimmt man dafür 1° und addirt ihn zu den Graden der Bahn; daher beträgt diese Bahn 19° und ihr Theil nach dem angegebenen Verfahren 38′.

10. Weil diese Bahn aber kleiner als 180° ist, so subtrahirt man den Theil, der 38′ beträgt, von dem mittleren Weg der Sonne und es bleiben dann 104° 59′ 25″ und der wahre Stand der Sonne am Anfang dieser Nacht ist im Bilde des Krebses 15° weniger 35″, die man sowohl beim Stand der Sonne als des Mondes und den übrigen Erscheinungsberechnungen vernachlässigen kann; nur die Minuten sind zu berücksichtigen, und machen die Sekunden gegen 30″, kann man 1′ annehmen und sie zu den Minuten zählen.

11. Durch die Kenntniss des Standes der Sonne für jede beliebige Zeit kann man auch jeden beliebigen Tag früherer oder späterer Jahre statt des angenommenen Ausgangs zu Grunde legen.

Capitel XIV.

1. Der Mond hat zwei mittlere Wege. Der Mond kreist nämlich in einer kleinen Sphäre, die die ganze Welt nicht umkreist, und sein mittlerer Weg in dieser kleinen Sphäre heisst die mittlere Bahn. Die kleinere Sphäre kreist selbst wieder in einer grossen Sphäre, die die Welt umkreist, und der mittlere Weg dieser kleinen Sphäre in der grossen weltumkreisenden Sphäre heisst der mittlere Mondweg *(mittlere tropische Bewegung)* und macht in einem Tage 13° 10′ 35″.

2. Also macht der Weg in	10	Tagen	131° 45′ 50″
der Überschuss des Weges in	100	„	237° 38′ 23″
„ „ „ „ „	1000	„	216° 23′ 50″
„ „ „ „ „	10000	„	3° 53′ 20″
„ „ „ „ „	29	„	22° 6′ 56″
„ „ im geregelten Jahre		....	344° 26′ 43″.

So lässt sich jede beliebige Anzahl Tage und Jahre berechnen.

3. Der Weg der mittleren Bahn *(mittlere anomalistische Bewegung des Mondes)* macht

in ...	1 Tage	13° 3′ 54″
„ ..	10 Tagen	130° 39′ 0″

der Überschuss in	100	Tagen	.....	226° 29′ 53″
„ „ „	1000	„	.....	104° 58′ 50″
„ „ „	10000	„	.....	329° 48′ 20″
„ „ „	29	„	.....	18° 53′ 4″.

4. Für ein geregeltes Jahr hat man 305° 0′ 13″. Der Stand des mittleren Mondweges im Anfange der Nacht auf den Donnerstag des Ausganges war im Bilde des Stieres 1° 14′ 43″ und die mittlere Bahn wàr in diesem Ausgang 84° 28′ 42″. Weiss man nun den mittleren Mondweg und den, der als Ausgang gilt, so addirt man beide und weiss den Stand des mittleren Mondweges für jeden beliebigen Tag, wie es geschah beim mittleren Weg der Sonne. Nach Berechnung des mittleren Mondweges für den Anfang dieser Nacht, sucht man das Sternbild, in dem die Sonne sich befindet, zu erfahren.

5. Befindet sich die Sonne zwischen der Hälfte des Bildes der Fische und der Hälfte des Widders, bleibt der mittlere Mondweg unverändert; befindet sie sich zwischen der Hälfte des Widders und dem Anfang der Zwillinge, addirt man zum mittleren Mondweg 15′ *(Reduction auf Sonnenuntergang)*; befindet sie sich zwischen dem Anfange der Zwillinge und dem Anfange des Löwen, addirt man zum mittleren Mondweg 15′ *(rectius 30′?)*; befindet sie sich zwischen dem Anfange des Löwen und der Hälfte der Jungfrau, addirt man 15′; befindet sie sich zwischen der Hälfte der Jungfrau und der Hälfte der Wage, bleibt der mittlere Mondweg unverändert; befindet sie sich zwischen der Hälfte der Wage und dem Anfange des Schützen, subtrahirt man vom mittleren Mondweg 15′; befindet sie sich zwischen dem Anfange des Schützen und dem Anfange des Wassermannes, subtrahirt man 30′; befindet sie sich zwischen dem Anfange des Wassermannes und der Hälfte der Fische, werden 15′ abgezogen.

6. Das Resultat, nach der Addition oder Subtraction oder nach ungeändertem Werthe ist für die berechnete Zeit der mittlere Mondweg nach Verlauf nahezu $^1/_3$ Stunde nach Sonnenuntergang und heisst: mittlerer Mondweg für die Zeit der Erscheinung.

Capitel XV.

1. Will man also den wahren Ort des Mondes für jeden beliebigen Tag wissen, berechnet man zuerst den mittleren Mondweg für die Zeit der Erscheinung in der Nacht, die gewünscht wird, dann die mittlere Bahn des Mondes und den mittlern Weg der Sonne für diese Zeit, subtrahirt den mittleren Weg der Sonne von dem mittleren Mondweg, verdoppelt den Rest und dieser heisst: die doppelte Entfernung *(doppelte Differenz der Längen)*.

2. Diese Berechnungen sollen, wie schon früher bemerkt, nur zur Kenntniss der Erscheinung des Mondes dienen, und da kann diese doppelte Entfernung in der Nacht der Erscheinung, da der Mond sichtbar wird, nur zwischen 5° und 62°, nicht weniger als die erste und nicht mehr als die letzte betragen.

3. Demnach ist Folgendes zu beachten: Ist die doppelte Entfernung 5° oder etwas darüber, wird das Mehr *(Grösse χ bei Delambre, Hist. de l'Astron. ancienne Tome II. p. 204)* nicht berücksichtigt und nichts dazu addirt.

Ist die doppelte Entfernung zwischen			addirt man zur mittleren Bahn
6°	und	11°	1°
12°	„	18°	2°
19°	„	24°	3°
25°	„	31°	4°
32°	„	38°	5°
39°	„	45°	6°
46°	„	51°	7°
52°	„	59°	8°
60°	„	63°	9°

Nach der Addition dieser Grade heisst die mittlere Bahn die rectificirte Bahn.

4. Nachher betrachtet man die Anzahl der Grade der rectificirten Bahn. Beträgt sie weniger als 180°, so subtrahirt man den Theil der rectificirten Bahn von dem mittleren Mondweg für die Zeit der Erscheinung. Ist die rectificirte Bahn grösser als 180—360°, addirt man diesen Theil der rectificirten Bahn

zum mittleren Mondweg für die Zeit der Erscheinung. Wie sich nun der mittlere Mondweg nach der Addition oder Subtraction ergibt, so ist der wahre Ort des Mondes für die Zeit der Erscheinung.

5. Beträgt die rectificirte Bahn genau 180° oder genau 360°, ist der Theil gleich 0 und für die Zeit der Erscheinung ist der Ort des mittleren Mondweges auch der wahre Ort.

6. Folgende Grösse erreichen die Theile der Bahn *(Gleichung des Mittelpunktes für den Mond)*.

Hat	die	rectificirte	Bahn	10°,	macht	ihr	Theil	50′
„	„	„	„	20°	„	„	„	1° 38′
„	„	„	„	30°	„	„	„	2° 24′
„	„	„	„	40°	„	„	„	3° 6′
„	„	„	„	50°	„	„	„	3° 44′
„	„	„	„	60°	„	„	„	4° 16′
„	„	„	„	70°	„	„	„	4° 41′
„	„	„	„	80°	„	„	„	5° —
„	„	„	„	90°	„	„	„	5° 5′
„	„	„	„	100°	„	„	„	5° 8′
„	„	„	„	110°	„	„	„	4° 59′
„	„	„	„	120°	„	„	„	4° 40′
„	„	„	„	130°	„	„	„	4° 11′
„	„	„	„	140°	„	„	„	3° 33′
„	„	„	„	150°	„	„	„	2° 48′
„	„	„	„	160°	„	„	„	1° 56′
„	„	„	„	170°	„	„	„	— 59′
„	„	„	„	180°	„	„	„	0° 0′

d. h. der Ort des mittleren Mondweges und der wahre Ort fallen zusammen.

7. Ist die rectificirte Bahn grösser als 180°, zieht man sie von 360° ab und erhält den Theil, wie bei der Sonnenbahn; sind bei Zehnern noch Einheiten, berechnet man sie aus der Differenz der beiden Theile nach dem bei der Sonnenbahn angegebenen Verfahren.

8. Wollten wir z. B. den wahren Ort des Mondes für den Anfang der Nacht auf Freitag den 2. Ijar des Ausgangsjahres erfahren, so beträgt die Anzahl der von dieser Ausgangsnacht

bis zu der verlangten Nacht verflossenen Tage 29, berechnet man den mittleren Weg der Sonne für den Anfang dieser Nacht, erhält man 35° 38′ 33″; berechnet man ferner den mittleren Mondweg für diese Erscheinungszeit, so erhält man 53° 36′ 39″ und die mittlere Bahn für diese Zeit macht 103° 21′ 46″. Subtrahirt man den mittleren Weg der Sonne von dem mittleren Mondweg, bleiben 17° 58′ 6″. Verdoppelt man diese Entfernung, erhält man als doppelte Entfernung 35° 56′ 12″; demnach muss man, wie bekannt, 5° zur mittleren Bahn addiren und erhält die rectificirte Bahn 108° 21′, wobei man die Minuten, wie bei der Sonne erörtert wurde, vernachlässigen kann.

9. Will man nun den Theil dieser rectificirten Bahn, die 108° beträgt, berechnen, so macht der Theil 5° 1′ und da die rectificirte Bahn weniger als 180°, so subtrahirt man den Theil 5° 1′ von dem mittleren Mondesweg und es bleiben 48° 35′ 39″; die Sekunden als 1 Minute gerechnet und zu den Minuten addirt, erhält man den wahren Ort des Mondes für diese Zeit gleich 18° und 36′ des 19.° im Bilde des Stieres. So berechnet man den wahren Ort *(so zu sagen: elliptische Länge)* des Mondes für jede beliebige Zeit vom Ausgangsjahr bis ans Ende der Welt.

Capitel XVI.

1. Der Kreis, in dem der Mond sich immer bewegt, weicht von dem Kreise, in dem die Sonne sich immer bewegt, ab und zwar die eine Hälfte nach Norden, die andere nach Süden; in zwei gegenüberliegenden Punkten aber treffen sich die beiden Kreise, weshalb der Mond, wenn er sich in einem dieser Punkte befindet, in dem Kreise der Sonne genau der Sonne gegenüber kreist; verlässt er aber einen dieser Punkte, so geht sein Weg nördlich oder südlich von der Sonne. Der Punkt, von dem der Mond nach Norden abzuweichen beginnt, heisst Kopf *(aufsteigender Knoten)*, und der, von dem der Mond nach Süden abzuweichen beginnt, heisst Schweif *(niedersteigender Knoten)*. Der Kopf hat einen regelmässigen Gang, bei dem weder Zunahme noch Abnahme stattfindet, er kreist immer in den Sternbildern rückwärts vom Widder zu den Fischen und von den Fischen zum Wassermann und so immer fort.

2. Der mittlere Weg des Kopfes *(Bewegung der Mondknoten)*

für	1 Tag	beträgt	3′ 11″
„	10 Tage	„	31′ 47″
„	100 „	„	5° 17′ 43″
„	1000 „	„	52° 57′ 10″
der Überschuss ..	10000 „	„	169° 31′ 40″
der mittlere Weg für	29 „	„	1° 32′ 9″
für ein geregeltes Jahr		„	18° 44′ 42″

Der mittlere Weg des Kopfes war am Anfange der Nacht auf den Donnerstag des Ausganges 180° 57′ 28″.

3. Will man den Stand des Kopfes für jede beliebige Zeit berechnen, so berechnet man seinen mittleren Weg für diese Zeit, wie man den mittleren Weg der Sonne und den mittleren Mondweg berechnete, subtrahirt den mittleren Weg von 360°; der Rest ist der Stand des Kopfes für diese Zeit; gegenüber der Stand dés Schweifes.

4. Wollte man z. B. den Stand des Kopfes wissen für den Anfang der Nacht auf Freitag den 2. Ijar des Ausgangsjahres, so macht die Anzahl der von dieser bis zur verlangten Nacht verflossenen Tage 29.

5. Berechnet man ferner den mittleren Weg des Kopfes für diese Zeit in der bekannten Weise, indem man den Weg für 29 Tage zu dem Ausgang addirt, so erhält man den mittleren Weg des Kopfes 182° 29′ 37″, subtrahirt ihn von 360°, bleiben 177° 30′ 23″ und man hat den Stand des Kopfes mit Vernachlässigung der Sekunden im Bilde der Jungfrau 27° 30′; gegenüber den Stand des Schweifes 27° 30′ im Bild der Fische.

6. Zwischen Kopf und Schweif liegt immer genau ein halber Kreis; daher findet man den Schweif immer im siebenten Bilde, vom Bilde des Kopfes gezählt genau nach Graden und Minuten, so dass der Schweif, wäre der Kopf in irgend einem Bilde 10°, im siebenten Bilde davon ab 10° sich befände.

7. Weiss man nun den Stand des Kopfes und des Schweifes und den wahren Ort des Mondes, so betrachtet man diese drei Zahlen. Hat der Mond mit dem Kopfe oder Schweife denselben Grad und dieselbe Minute, dann weicht der Mond weder nach Norden noch nach Süden; sieht man aber den Mond vor dem Kopfe und als ob er sich gegen den Schweif bewegte, so weicht

der Mond nördlich von der Sonne ab; ist er aber vor dem Schweif und als ob er gegen den Kopf ginge, so weicht er südlich ab.

8. Die nördliche oder südliche Abweichung des Mondes heisst Breite des Mondes und zwar heisst die nördliche Abweichung nördliche Breite und die südliche, südliche Breite; befindet sich der Mond in einem der beiden Punkte, ist die Breite = 0.

9. Nie übersteigt die Breite des Mondes weder im Norden, noch im Süden 5°. In folgender Weise beschreibt er seinen Weg: er beginnt vom Kopf, entfernt sich allmählich, die Entfernung nimmt immer zu bis 5°, dann nähert er sich allmählich, so dass seine Breite, wenn er zum Schweif kommt, 0° ist, dann entfernt er sich wieder und die Entfernung nimmt zu bis 5° und nähert sich wieder, bis die Breite = 0° wird.

10. Will man die Breite des Mondes für jede beliebige Zeit berechnen und ob's nördliche oder südliche sei, berechnet man den Stand des Kopfes und den wahren Ort des Mondes für diese Zeit, subtrahirt den Stand des Kopfes vom wahren Ort des Mondes, der Rest heisst die breite Bahn *(Argument der Breite)*; beträgt die breite Bahn 1—180°, so ist die Breite des Mondes eine nördliche, beträgt sie mehr als 180°, ist die Breite eine südliche; ist sie genau 180° oder genau 360°, ist die Breite = 0. Dann muss man ferner sehen, wie gross der Theil der breiten Bahn ist, denn so gross ist seine Abweichung nach Norden oder Süden oder seine nördliche oder südliche Breite.

11. Die Grösse der Theile der breiten Bahn ist folgende:

Macht die breite Bahn *(Argument der Breite)*	beträgt ihr Theil *(Breite)*
10°	52′
20°	1° 43′
30°	2° 30′
40°	3° 13′
50°	3° 50′
60°	4° 20′
70°	4° 42′
80°	4° 55′
90°	5°

12. Sind Einheiten bei den Zehnern, so berechnet man sie verhältnissmässig aus der Differenz der zwei Theile, zwischen welchen sie liegen, wie das bei der Sonnen- und Mondbahn geschehen. Wäre z. B. die breite Bahn 53°, so beträgt der Theil für 50° nach Obigem 3° 50′, für 60° beträgt der Theil 4° 20′. Die Differenz zwischen beiden beträgt 30′, also für je 1° kommen 3′ und für 53° macht es dann 3° 59′. Dasselbe gilt für alle Zahlen.

13. Kennt man nach obigen Angaben den Theil der breiten Bahn bis 90°, so kann man Theile jeglicher Grösse berechnen, denn ist die Bahn grösser als 90°, aber kleiner als 180°, so subtrahirt man die Grösse von 180° und erhält damit den Theil.

14. Ist die Bahn grösser als 180°, so ist die Breite des Mondes im Anfang dieser Nacht eine südliche; ist sie grösser als 180°, aber kleiner als 270°, so subtrahirt man davon 180°, der Rest gibt den Theil.

15. Ist die Bahn grösser als 270°, aber kleiner als 360°, so subtrahirt man sie von 360°, der Rest lässt den Theil erkennen.

16. Wäre z. B. die Bahn 150°, so subtrahirt man sie von 180°, erhält 30°; es entfällt aber auf 30° der Theil von 2° 30′ und ebensoviel auf 150°.

17. Wäre die Bahn 200°, subtrahirt man davon 180°, bleiben 20°, damit erhält man einen Theil von 1° 43′; ebenso viel entfällt auf 200°.

18. Wäre die Bahn 300°, subtrahirt man sie von 360°, bleiben 60°; für 60° erhält man den Theil von 4° 20′, ebenso viel für 300°.

19. Wollte man z. B. die Breite des Mondes berechnen und ob sie eine nördliche oder südliche war im Anfange der Nacht auf Freitag den 2. Ijar des Ausgangsjahres, so ist nach dem Früheren der wahre Ort des Mondes in dieser Nacht 18° 36′ im Bilde des Stieres, der Stand des Kopfes war um diese Zeit 27° 30′ im Bilde der Jungfrau; zieht man den Stand des Kopfes von dem wahren Ort des Mondes ab, erhält man die breite Bahn 231° 6′. Da die Minuten dabei vernachlässigt werden können, so erhält man, wie bekannt, den Theil der Bahn 3° 53′ und das ist die Breite des Mondes in dieser Nacht und zwar südlich, weil die Bahn 180° übersteigt.

Capitel XVII.

1. Das bisher Angegebene dient als Behelf zur Berechnung der Erscheinung des Mondes. Will man diese wissen, berechnet man zuerst den wahren Stand der Sonne und den wahren Ort des Mondes, den Stand des Kopfes für die Zeit der Erscheinung, subtrahirt den wahren Stand der Sonne vom wahren Ort des Mondes, der Rest ist die erste Länge.

2. Weiss man den Stand des Kopfes, den wahren Ort des Mondes, so weiss man auch die Breite des Mondes und ob sie eine nördliche oder südliche sei und das heisst die erste Breite. Diese erste Länge und erste Breite muss man sich sehr gut merken.

3. Nachher betrachtet man diese erste Länge und erste Breite. Erhält man jene genau 9° oder weniger, so war es unmöglich, dass der Mond in dieser Nacht irgendwo in Palästina erschien — eine andere Rechnung braucht man dazu nicht —; war aber die erste Länge grösser als 15°, so erschien gewiss, ohne dass eine andere Berechnung nöthig ist, in ganz Palästina der Mond; war aber der Mond zwischen 9° und 15°, muss man genau nach der Erscheinung forschen und rechnen, um zu wissen, ob er erschien oder nicht.

4. Das gilt aber nur, wenn der wahre Ort des Mondes zwischen dem Anfang des Steinbockes und dem Ende der Zwillinge war; lag er aber zwischen dem Anfang des Krebses und dem Ende des Schützen und die erste Länge betrug 10° oder weniger, so wurde der Mond in ganz Palästina nirgends gesehen; war aber die erste Länge grösser als 24°, wurde er in ganz Palästina gesehen; war sie aber zwischen 10° und 24°, muss man genau nachrechnen, ob er gesehen wurde oder nicht.

5. Die Berechnungen der Erscheinung sind folgende: Man beobachtet zuerst, in welchem Sternbilde der Mond steht. Steht er im Bilde des Widders, subtrahirt man von der ersten Länge 59′; steht er im Bilde des Stieres, subtrahirt man von der ersten Länge 1°, im Bilde der Zwillinge subtrahirt man 58′, im Bilde des Krebses 43′, im Bilde des Löwen 43′, im Bilde der Jungfrau 37′, der Wage 34′, im Bilde des Skorpions 34′, im Bilde des Schützen 36′, im Bilde des Steinbocks 44′, im Bilde des Wasser-

manns 53′, im Bilde der Fische 58′, und was nach der Subtraction von der ersten Länge bleibt, heisst die zweite Länge.

6. Deshalb aber werden diese Minuten abgezogen, weil der wahre Ort des Mondes nicht der ist, wo er gesehen wird, sondern ein Abstand liegt zwischen ihnen in der Länge und in der Breite und der heisst Gesichtsabstand, und die Grösse des Gesichtsabstandes der Länge *(Parallaxe in Länge)* zur Zeit der Erscheinung wird immer von der Länge abgezogen.

7. Bei dem Gesichtsabstand *(Parallaxe)* der Breite werden, wenn sie eine nördliche ist, die Minuten des Gesichtsabstandes der Breite von der ersten Breite subtrahirt; ist die Breite eine südliche, werden die Minuten des Gesichtsabstandes der Breite zu der ersten Breite addirt. Was man aus der ersten Breite nach Addition oder Subtraction dieser Minuten erhält, heisst zweite Breite.

8. Das sind die Minuten, die man addiren oder subtrahiren muss:

Befindet sich	der Mond	im Bilde	des Widders,	macht es	9′
„	„	„	„ Stieres	„	10′
„	„	„	der Zwillinge	„	16′
„	„	„	des Krebses	„	27′
„	„	„	„ Löwen	„	38′
„	„	„	der Jungfrau	„	44′
„	„	„	„ Wage	„	46′
„	„	„	des Skorpions	„	45′
„	„	„	„ Schützen	„	44′
„	„	„	„ Steinbockes	„	36′
„	„	„	„ Wassermanns		24′
„	„	„	der Fische	„	12′

9. Weiss man diese Minuten, so subtrahirt man sie von der ersten Breite oder addirt sie dazu und erhält die zweite Breite; auch ist bekannt, ob es eine nördliche oder südliche ist. Die Grade und Minuten der zweiten Breite sind wohl zu merken.

10. Nachher nimmt man nur von der zweiten Breite einen Bruchtheil noch, weil der Mond in seiner Bahn kleine Abweichungen macht.

Diese Bruchtheile sind zu rechnen:

Befindet sich der Mond zwischen dem Anfang des Widders und 20° desselben oder zwischen dem Anfang der Wage und 20° derselben,

werden von der zweiten Breite zwei Fünftheile ($^2/_5$) genommen.

Befindet sich der Mond zwischen 20° des Widders und 10° des Stieres oder zwischen 20° der Wage und 10° des Skorpions.

wird $^1/_3$ von der zweiten Breite genommen.

Befindet sich der Mond zwischen 10° des Stieres bis 20° desselben oder zwischen 10° des Skorpions bis 20° desselben,

wird $^1/_4$ von der zweiten Breite genommen.

Befindet sich der Mond zwischen 20° des Stieres und dem Ende desselben oder zwischen 20° des Skorpions und dem Ende desselben,

wird $^1/_5$ von der zweiten Breite genommen.

Befindet sich der Mond zwischen dem Anfang der Zwillinge und 10° derselben oder zwischen dem Anfang des Schützen und 10° desselben,

wird $^1/_6$ von der zweiten Breite genommen.

Befindet sich der Mond zwischen 10° der Zwillinge und 20° derselben oder zwischen 10° des Schützen und 20° desselben,

wird $^1/_{12}$ von der zweiten Breite genommen.

Befindet sich der Mond zwischen 20° der Zwillinge und 25° derselben oder zwischen 20° des Schützen und 25° desselben,

wird $^1/_{24}$ von der zweiten Breite genommen.

Befindet sich der Mond zwischen 25° der Zwillinge und 5° des Krebses oder zwischen 25° des Schützen und 5° des Steinbockes,

wird nichts genommen, da die Abweichung =0 ist.

Befindet sich der Mond zwischen 5° des Krebses und 10° des selben oder zwischen 5° des Steinbockes und 10° desselben

wird $^1/_{24}$ von der zweiten Breite genommen.

Befindet sich der Mond zwischen 10° des Krebses und 20° desselben oder zwischen 10° des Steinbockes und 20° desselben

wird $^1/_{12}$ von der zweiten Breite genommen.

Befindet sich der Mond zwischen 20° des Krebses und dem Ende desselben oder zwischen 20° des Steinbockes und dem Ende desselben,

wird $^1/_6$ von der zweiten Breite genommen.

Befindet sich der Mond zwischen dem Anfang des Löwen und 10° desselben oder zwischen dem Anfang des Wassermanns und 10° desselben,

wird $^1/_5$ von der zweiten Breite genommen.

Befindet sich der Mond zwischen 10° des Löwen und 20° desselben oder zwischen 10° des Wassermanns und 20° desselben,

wird $^1/_4$ von der zweiten Breite genommen.

Befindet sich der Mond zwischen 20° des Löwen und 10° der Jungfrau oder zwischen 20° des Wassermanns und 10° der Fische,

wird $^1/_3$ von der zweiten Breite genommen.

Befindet sich der Mond zwischen 10° der Jungfrau und dem Ende derselben oder zwischen 10° der Fische und dem Ende derselben,

werden $^2/_5$ von der zweiten Breite genommen.

Diese Bruchtheile, welche man von der zweiten Breite nimmt, heissen Mondkrümmung.

11. Hierauf muss man sehen, ob die Breite eine nördliche oder südliche ist. Ist sie eine nördliche, dann subtrahirt man diese Mondkrümmung von der zweiten Länge; bei südlicher Breite addirt man sie. So verfährt man aber nur, wenn der Mond zwischen dem Anfang des Steinbockes und dem Ende der Zwillinge sich befindet; befindet er sich aber zwischen dem Anfang des Krebses und Ende des Schützen, dann verhält sich's umgekehrt, dann wird bei nördlicher Breite die Mondkrümmung zur zweiten Länge addirt und bei südlicher Breite subtrahirt. Was man nun nach Addition oder Subtraction aus der zweiten Länge erhält, heisst dritte Länge. Findet aber keine Abweichung der

Bahn statt und ergibt sich aus der Rechnung nichts, was von der zweiten Breite abzuziehen wäre, so sind zweite und dritte Länge gleich gross.

12. Dann muss man beobachten, in welchem Sternbilde die dritte Länge — welche nur die Anzahl der Grade, welche zwischen Sonne und Mond sind, besagt — steht.

Befindet sie sich im Bilde der Fische oder des Widders, addirt man $^1/_6$ der dritten Länge zu derselben.

Befindet sie sich im Bilde des Wassermanns oder des Stieres, addirt man $^1/_5$ der dritten Länge zu derselben.

Befindet sie sich im Bilde des Steinbockes oder der Zwillinge, addirt man $^1/_6$ der dritten Länge zu derselben.

Befindet sie sich im Bilde des Schützen oder des Krebses, bleibt die dritte Länge unverändert.

Befindet sie sich im Bilde des Skorpions oder des Löwen, subtrahirt man $^1/_5$ der dritten Länge von derselben.

Befindet sie sich im Bilde der Wage oder der Jungfrau, subtrahirt man $^1/_3$ der dritten Länge von derselben.

Was sich aus der dritten Länge nach Addition oder Subtraction oder unverändertem Werthe ergibt, heisst vierte Länge. Hierauf nimmt man immer $^2/_3$ von der ersten Breite des Mondes und das heisst Ortshöhe. Bei nördlicher Breite wird die Ortshöhe zur vierten Länge addirt, bei südlicher Breite subtrahirt, und was sich aus der vierten Länge nach dieser Addition oder Subtraction ergibt, heisst Gesichtsbogen.

13. Wollte man z. B. berechnen, ob der Mond in der Nacht auf den Freitag des 2. Ijar des Ausgangsjahres gesehen wurde oder nicht, so berechnet man den wahren Stand der Sonne, den wahren Ort des Mondes und die Breite des Mondes für dieses Jahr in der angegebenen Weise. Man erhält den wahren Stand der Sonne 7°9′ im Bilde des Stieres, den wahren Ort des Mondes 18° 36′ im Bilde des Stieres, die Breite südlich 3° 53′ als erste Breite. Nun zieht man den Stand der Sonne vom Ort des Mondes ab und es bleiben 11° 27′ als erste Länge, und da der Mond im Bilde des Stieres ist, macht der Gesichtsabstand der Länge 1°, welcher von der ersten Länge abgezogen werden muss, und man erhält die zweite Länge 10° 27′; ebenso macht der Gesichtsabstand der Breite 10′, und weil

die Breite eine südliche ist, muss man den Gesichtsabstand der Breite, der 10′ ist, addiren und man erhält als zweite Breite 4° 3′; da aber der Mond im Bilde des Stieres 18° war, muss man von der zweiten Breite $^1/_4$ noch nehmen, was die Mondkrümmung ist und man erhält als Mondkrümmung 1° 1′ bei Vernachlässigung der Sekunden.

14. Weil aber die Breite des Mondes eine südliche und der wahre Ort des Mondes zwischen dem Anfang des Steinbockes und dem Anfang des Krebses, muss man die Mondkrümmung zur zweiten Länge addiren und erhält die dritte Länge 11° 28′. Diese Länge ist im Bilde des Stieres, weshalb $^1/_5$ zur dritten Länge addirt wird, nämlich 2° 18′ und man erhält die vierte Länge 13° 46′; nun nimmt man $^2/_3$ der ersten Breite und erhält die Ortshöhe 2° 35′, welche, da die Breite eine südliche ist, von der vierten Länge abgezogen wird, und es bleiben 11° 11′ und das ist der Gesichtsbogen für diese Nacht. In dieser Weise kann man den Gesichtsbogen in Graden und Minuten für jede Nacht der Erscheinung berechnen.

15. Hat man den Gesichtsbogen herausgebracht, beobachtet man die Grade des Bogens. Betragen sie 9° oder weniger, dann konnte der Mond in ganz Palästina nicht gesehen werden. Ist der Gesichtsbogen grösser als 14°, dann musste er in ganz Palästina gesehen worden sein.

16. Befindet sich der Gesichtsbogen zwischen dem Anfang des 10.° und dem Ende des 14.°, vergleicht man den Gesichtsbogen mit der ersten Länge und erkennt aus den Enden, ob er gesehen wurde oder nicht. Diese heissen Gesichtsenden.

17. Die Gesichtsenden verhalten sich folgendermassen: Ist der Gesichtsbogen grösser als 9° bis 10° oder etwas grösser als 10°, und die erste Länge macht 13° oder mehr, wurde der Mond gewiss gesehen. Ist aber entweder der Bogen von der angegebenen Grösse und die Länge kleiner oder umgekehrt, dann wurde er nicht gesehen.

18. Ist der Gesichtsbogen mehr als 10° bis zu Ende des 11°. oder etwas grösser als 11° und die erste Länge beträgt 12° oder mehr, wurde der Mond gesehen; ist der Bogen von der erwähnten Grösse und die Länge kleiner oder umgekehrt, wurde er nicht gesehen.

19. Ist der Gesichtsbogen grösser als 11° bis zu Ende des 12.° oder etwas grösser als 12° und die erste Länge beträgt 11° oder darüber, wurde der Mond gewiss gesehen; ist der Bogen wie oben gesagt und die Länge kleiner oder umgekehrt, wurde er nicht gesehen.

20. Ist der Gesichtsbogen grösser als 12° bis zu Ende des 13.° oder etwas über 13° und die erste Länge beträgt 10° oder mehr, wurde der Mond gewiss gesehen; ist aber der Bogen wie eben angegeben und die Länge kleiner oder umgekehrt, wurde er nicht gesehen.

21. Ist der Gesichtsbogen grösser als 13° bis zu Ende des 14.° oder etwas über 14° und beträgt die erste Länge 9° oder mehr, wurde der Mond gewiss gesehen; ist aber der Bogen von der erwähnten Grösse und die Länge kleiner oder umgekehrt, dann wurde er nicht gesehen. Und dies ist das ganze Verfahren.

22. Wollen wir z. B. beobachten den Gesichtsbogen der Nacht auf den Freitag des 2. Ijar des Ausgangsjahres, so erhielten wir durch Rechnung den Gesichtsbogen 11° 11′, wie bekannt; da also der Gesichtsbogen zwischen 10° und 14° lag, vergleichen wir ihn mit der ersten Länge und diese betrug damals 11° 27′; da also der Gesichtsbogen mehr als 11° und die erste Länge mehr als 11° betrug, wurde der Mond gewiss gesehen, wie aus der Bestimmung der Gesichtsenden erhellt. So vergleicht man jeden Bogen mit seiner ersten Länge.

23. Aus diesem Verfahren ersieht man, wie viel Rechnungen es da gibt, wie viel Additionen und Subtractionen, nachdem wir uns Mühe genommen bekannte Verfahren zu finden, deren Rechnung keine grosse Schwierigkeit macht; denn der Mond macht grosse Krümmungen in seinen Bahnen, weshalb die Weisen von ihm sagten: „Die Sonne trifft ihre Bahn, der Mond aber nicht.“

24. Auch sagten die Weisen: manchmal beschreibt er eine lange, manchmal eine kurze Bahn, wie man aus der Berechnung sieht, dass man manchmal addiren und manchmal subtrahiren muss, um den Gesichtsbogen, der bald grösser bald kleiner ist, zu erhalten.

25. Die Ursache, warum bei diesen Berechnungen dies addirt und jenes subtrahirt, und die Art, wie Alles berechnet wird und die Beweise gibt die Wissenschaft der Kalenderberechnung und der Geometrie, worüber die Griechen viele Bücher geschrieben, die viele unserer Gelehrten noch jetzt besitzen. Die Bücher nämlich, die von den Weisen Israels zur Zeit der Propheten im Stamme Isachar geschrieben wurden, haben sich bis auf unsere Zeit nicht erhalten. Diese Angaben sind aber durch sehr genaue Beweise erhärtet, auch ist kein Fehler darin und sie können von Niemand beanstandet werden, darum liegt gar nichts daran, ob sie Propheten oder Heiden geschrieben haben; denn bei einer jeden Sache, deren Grund offen liegt und deren Wahrheit durch Beweise gesichert ist, so dass kein Fehler darin sich findet, verlassen wir uns auf den Mann, der die Sache gesagt oder gelehrt, doch nur kraft des Beweises, der offenkundig, und kraft des Grundes, der bekannt ist.

Über die Axenbestimmung von Central-Projectionen der Flächen zweiten Grades.

Von **Carl Pelz,**

Assistenten der descriptiven u. neueren Geometrie am deutschen Polytechnicum in Prag.

(Mit 1 Tafel.)

1. Unter den mir bekannten Werken und Abhandlungen, die sich auf Central-Projection beziehen, ist es namentlich die Freie Perspective der Herren Peschka und Koutny, welche auch die Projectionen von Flächen zweiten Grades ausführlicher behandelt, und die Eigenschaft, dass die Contouren solcher Flächen Curven zweiten Grades sind, benützend, die Bestimmungsstücke der letzteren durch einfache Constructionen zu erreichen sucht. Es werden in dem erwähnten Werke namentlich für den am meisten Anwendung findenden Fall, dass die Rotationsaxe der bezüglichen Fläche zur Bildebene parallel ist, immer conjugirte Diameter der entsprechenden Contourcurve ermittelt [1], und aus denselben letztere selbst construirt. Senkrechte Axen lassen sich bekanntlich aus conjugirten Diametern leicht bestimmen, und ist auch die Construction der zuletzt genannten Diameter einfach genug, so kann die Aufgabe, senkrechte Axen der Central-Projection einer Fläche zweiten Grades zu construiren, als gelöst betrachtet werden, was für praktische Zwecke auch hinreichend sein mag. Vom theoretischen Standpunkte jedoch betrachtet, scheint mir eine Construction senk-

[1] Auch in der Abhandlung des Herrn Prof. Niemtschik: Directe Constructionen der Contouren von Rotationsflächen etc. (siehe Sitzungsb. der mathem.-naturw. Cl. der kais. Akad. d. Wissensch. LII. Bd.) werden die Flächen zweiten Grades separat behandelt, aber die dort gelieferte Construction der conjugirten Diameter (siehe Fig. 25, 25 *b*) ist complicirt und unserer Ansicht nach nicht allgemein durchführbar.

rechter Axen von Central-Projectionen der Flächen zweiten Grades, die von einer Bestimmung zweier conjugirten Diameter unabhängig wäre, wichtig genug, um auf eine Lösung dieser Aufgabe hinzuweisen, welche, da sie einfacher sein dürfte als jene, welche bisher blos für conjugirte Diameter geliefert wurde, der letzteren vorzuziehen wäre, und daher auch dort nützlich verwendbar ist, wo es sich um die Central-Projection einer Fläche zweiten Grades selbst handelt.

Nebenbei erlaube ich mir die Bemerkung, dass die Lösung derselben Aufgabe speciell, für die Central-Projection der Kegelschnittslinien [1] und namentlich des Kreises [2] bereits gegeben wurde, für die Central-Projection der Flächen zweiten Grades aber hat man eine solche bisher weder geführt noch versucht.

2. Je zwei conjugirte Geraden in Bezug auf eine Schaar confocaler Kegelschnitte stehen wie bekannt auf einander senkrecht, und construirt man von irgend einem Punkte p die Polarcurve (umhüllende Curve aller Polaren von p) in Bezug auf die Schaar, so ist diese, weil sie die unendlich ferne Gerade (als Seite des gemeinschaftlichen Tripels) berühren muss, eine Parabel [3] Π, welche auch die Axen A und B der Schaar (als die übrigen zwei Seiten des gemeinschaftlichen Tripels) und die beiden durch p gehenden in Bezug auf die Schaar conjugirten Geraden H und H' berührt. Zu dieser Parabel können wir auch auf folgende Art gelangen.

Dreht sich nämlich (siehe Fig. 1) die Gerade (G) um den festen Punkt p, und construiren wir den Pol (g) von (G) in Bezug auf irgend einen Kegelschnitt Σ der Schaar, deren Brennpunkte f und f' und deren Mittelpunkt m ist, so beschreibt bekanntlich (g) die gerade Polare P von p und die von (g) zu der entsprechenden (G) gefällten Perpendikel (G') hüllen ebenfalls unsere Parabel Π ein. In der That sind (G) und (G') con-

---

[1] Siehe Peschka, Koutny, Freie Perspective, p. 231.

[2] Poudra, Nouvelles Annales. 1855. — Schlömilch: Schlömilch's Zeitschrift für Mathematik u. Physik. 1856. — Morstadt: Über die directe Bestimmung der Axen von Kreisbildern. Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wissensch. II. Abth. LVI. Bd.

[3] Siehe z. B. Staudigl's Lehrbuch d. neueren Geometrie, p. 211.

jugirte Geraden in Bezug auf Σ, und da diese Geraden auf einander senkrecht stehen, so sind sie nach dem zuerst angeführten Satze in Bezug auf die ganze Schaar conjugirt. Wie schon erwähnt, werden auch die Axen A und B von Σ, und die durch p gehenden conjugirten Geraden H und H' [1] der Schaar von Π berührt, und da die Axen A und B und die Geraden H, H' auf einander respective senkrecht stehen, so erkennt man sofort, dass die Gerade mp die Leitlinie von Π ist, und dass wir, um den Brennpunkt π von Π zu erhalten, nur den Pol von mp in Bezug auf Π zu ermitteln haben, der sich als derjenige Diagonalpunkt des der Parabel umgeschriebenen vollständigen Vierseits A, B, H, H' ergibt, welcher der Diagonale mp gegenüber liegt.

Nicht nur jeder beliebige Kegelschnitt Σ der Schaar liefert uns für den Punkt p auf die eben angeführte Art dieselbe Parabel Π, sondern diese bleibt ungeändert für alle Kegelschnitte Σ', welche irgend einen der Schaar derart doppelt berühren, dass die Berührungssehne die Polare des Punktes p ist. Denn es bleiben erstens die Winkelhalbirenden H und H' dieselben, und nebstdem auch die Normalen N und N' in den Berührungspunkten β und β', welche der angeführten Erzeugungsart zufolge Tangenten von Π sind, und eine Parabel ist durch vier Tangenten vollkommen bestimmt. Ein solcher Kegelschnitt Σ', welcher einen bestimmten Kegelschnitt Σ der Schaar derart doppelt berührt, dass die Berührungssehne Polare von p ist, wird aber vollständig bestimmt sein, sobald wir seinen auf mp liegenden Mittelpunkt m' angeben. Die Axen von Σ' müssen nach dem Angeführten Tangenten von Π sein, und da m' auf der Directrix liegt, so ergeben sich dieselben als die Halbirenden des Winkels $pm'\pi$. Um die Brennpunkte von Σ' zu erhalten, brauchen wir nur zu erwägen, dass der dem, von den Geraden B, H, H' gebildeten Dreiseit umgeschriebene Kreis K auch durch die Brennpunkte f, f' von Σ und nebenbei, da H, H' und B Tangenten von Π sind, auch durch den Brennpunkt π gehen muss, und dass diese Eigenschaft für alle Kegelschnitte, welche auf die angegebene Art mit p dieselbe Parabel Π

[1] Die sich als Halbirende des Winkels fpf' ergeben.

bestimmen, ebenfalls seine Geltung hat. Um z. B. daher die Brennpunkte von Σ' (siehe Fig. 1) zu erhalten, legen wir durch p und π einen Kreis K' derart, dass sein Mittelpunkt μ auf der Nebenaxe von Σ' liegt, während er die Hauptaxe in den Brennpunkten F und F' schneidet. Daraus ergibt sich nebenbei bemerkt der Satz: Concentrische Kegelschnitte, welche eine Schaar confocaler Kegelschnitte derart doppelt berühren, dass die Berührungssehnen Polaren eines festen Punktes p sind, haben dieselben Axen und sind ebenfalls confocal, und das namentlich für unsere Untersuchung wichtige Resultat: Die Axen von Kegelschnitten, welche einen gemeinschaftlichen doppelten Contact haben, hüllen eine Parabel Π ein.

3. Wir wollen nun im Nachfolgenden die gewonnenen Ergebnisse zur Lösung unserer Aufgabe verwerthen.

Es seien (siehe Fig. 2) aa, bb die Axen, f und f' die Brennpunkte einer in der Bildebene liegenden Ellipse Σ, es soll die Central-Projection Σ' des durch die Rotation von Σ um aa als Axe entstandenen Ellipsoids, und zwar durch directe Bestimmung der Arten von Σ' construirt werden, wenn in C der Hauptpunkt und durch $C'\left(\frac{C}{2}\right)$ die halbe Distanz gegeben ist.

Wenn wir beachten, dass die gesuchte Contourcurve Σ' von Σ doppelt berührt wird, und zwar derart, dass die Berührungssehne die Polare des Punktes C' ist, so sehen wir, dass uns dadurch unmittelbar vier Bestimmungsstücke von Σ' gegeben sind, und dass die Axen von Σ' nach dem früher Entwickelten Tangenten einer Parabel Π sind, welche die Axen aa, bb von Σ und die Halbirenden H, H' des Winkels $fC'f'$ zu Tangenten hat. Unsere Contourcurve Σ' ist also vollkommen bestimmt, sobald wir ihren Mittelpunkt angeben. Dieser ist aber die Central-Projection des Poles der Fläche für die Verschwindungs-Ebene [1] als Polar-Ebene, und wir finden denselben, indem wir die Endpunkte c, c' des zur Bildebene senkrechten Durchmessers der Fläche central projiciren, und

[1] Die Verschwindungs-Ebene, von einigen Autoren auch Central-Distanz- oder Grenz-Ebene genannt, ist die durch das Projections-Centrum C parallel der Bildebene gelegte Ebene.

die von den Central-Projectionen γ, γ' begrenzte Strecke in m' [1] halbiren. Die von m' an die Parabel Π gezogenen Tangenten, welche, da m' aus bekannten Gründen auf der Leitlinie von Π liegt, auf einander senkrecht stehen, sind die Axen von Σ'. Um diese einfach zu ermitteln, construiren wir zunächst den Brennpunkt π von Π. Wir finden denselben als Schnittpunkt der beiden nebst mC' vorhandenen Diagonalen des vollständigen Vierseits aa, bb, H, H'. Weil jedoch in unserer Figur der Schnittpunkt von aa und H' ausserhalb der Figurgrenze fällt, so wollen wir von dem Umstande Gebrauch machen, dass wegen der Rechtwinkligkeit der Geraden aa, bb und H, H' auch die zwei erwähnten Diagonalen des Vierseits aa, bb und H, H' auf einander senkrecht stehen, und fällen, um π zu erhalten, vom Schnittpunkt der Geraden H und bb auf die Diagonale, welche die Punkte (H', bb) und $(H. aa)$ verbindet, eine Senkrechte. Nebenbei erwähnt, sind, wie aus harmonischen Eigenschaften des vollständigen Vierseits hinlänglich bekannt ist, die Strahlen pm, $p\pi$, H und H' (siehe Fig. 1) vier harmonische Strahlen, und da H senkrecht steht auf H', so müssen letztere die von pm und $p\pi$ respective gebildeten Winkel halbiren. Aus demselben Grunde ist auch der Winkel $pmf' =$ dem Winkel $f'm\pi$. Diese Relationen kann man ebenfalls zur Bestimmung von π benützen.

Die Halbirenden des Winkels $\pi m'C'$ (siehe Fig. 2) geben uns die Axen von Σ'. Um die Brennpunkte des Contourkegelschnittes zu erhalten, beschreiben wir einen Kreis K, der durch C' und π geht, dessen Mittelpunkt μ auf der einen Axe von Σ' liegt, während er die andere in den gesuchten Brennpunkten F, F' schneidet. Berühren sich Σ und Σ' in reellen Punkten β, β', d. h. lassen sich von C' zwei reelle Tangenten T und T' an Σ ziehen, so sind diese und ihre Berührungspunkte β β' zugleich Tangenten und Berührungspunkte von Σ' und dadurch ist also Σ' mehr als vollständig bestimmt.

---

[1] Im Texte bezeichnen wir immer den Mittelpunkt der Fläche mit m, und jenen der Contour Σ' mit m'; in der Figurentafel haben wir aber diese Buchstaben zu den Punkten nicht gestellt, um die Figuren nicht undeutlich zu machen.

Wenn jedoch die beiden von C' gehenden Tangenten imaginär sind, so können wir die Endpunkte eines, und zwar am einfachsten des mit $m'C'$ zusammenfallenden Diameters von Σ' bestimmen. Denken wir uns den Schnittpunkt von $m'C'$ und der Polaren P[1] von C' (in Bezug auf Σ) mit q, und die beiden gesuchten Endpunkte mit p, p' bezeichnet, so sind bekanntlich p, p', q, C' vier harmonische Punkte, und daher: $m'q \cdot m'C' = m'p^2$, was uns die bekannte in der Figur durchgeführte Construction von $m'p$ liefert. Die Tangente im Punkte p ist parallel zu P, und der Fusspunkt n, der z. B. von F zu dieser Tangente gefällten Senkrechten, mit m' verbunden, gibt uns die Länge der grossen Axe von Σ'.

4. In Fig. 3 ist durch die Asymptoten A, A' und die Brennpunkte f, f' eine in der Tafel liegende Hyperbel Σ bestimmt, man soll die Central-Projection des durch Rotation von Σ um die imaginäre Axe entstandene einfache Hyperboloids, und zwar durch directe Bestimmung der Axen construiren, wenn durch C' der Hauptpunkt und durch $C'\left(\frac{C}{2}\right)$ die halbe Distanz gegeben ist. Die Construction ist von der vorhergehenden fast gar nicht verschieden. Mit Benützung der Winkelhalbirenden H, H' und der beiden Axen von Σ wurde auch hier der Parabel-Brennpunkt π in bekannter Weise ermittelt, dieser mit dem Mittelpunkt m', der sich wieder als der Halbirungspunkt der Central-Projectionen γ, γ', der Endpunkte des zur Tafel senkrechten Durchmessers ergab, verbunden, die Halbirungslinien des Winkels $\pi m'C'$ construirt, welche uns die Axen von Σ' geben. Legen wir weiter durch π und C' einen Kreis K, dessen Mittelpunkt μ auf der imaginären Axe von Σ' liegt, so schneidet dieser die reelle Axe in den Brennpunkten F und F' von Σ'. Um die Endpunkte der reellen Axe von Σ' zu bestimmen, können wir ebenso verfahren wie in Fig. 2, nämlich mit Hilfe der Polaren P die Endpunkte des mit $m'C'$ zusammenfallenden Diameters von Σ' bestimmen. Da

---

[1] Diese Polare kann, wie bekannt, selbst dann einfach construirt werden, wenn Σ nicht gezeichnet vorliegt; denken wir uns z. B. von C' eine Normale zu bb gezogen, so bestimmt deren Fusspunkt mit dem Schnittpunkt von P mit bb und den Punkten b, b vier harmonische Punkte. Dasselbe gilt von aa und dem Fusspunkt des von C' etc.

aber die vorliegende Fläche eine Regelfläche ist, und die Central-Projection einer jeden Mantellinie Tangente von Σ' sein muss, so können wir hier von dieser Eigenschaft Gebrauch machen.

Unter den Erzeugenden der Fläche lassen sich namentlich die Central-Projectionen derjenigen einfach construiren, welche durch die Endpunkte cc' des zur Bildebene senkrechten Durchmessers der Fläche gehen. Denn diese sind bekanntlich zur Bildebene und zu den Asymptoten von Σ parallel. Daraus ergibt sich aber sofort, dass, wenn wir z. B. durch γ eine Parallele zu A' ziehen, diese eine Tangente von Σ' sein muss. Fällen wir daher von F eine Normale auf diese Tangente, so gibt uns der Fusspunkt dieser Normalen mit m' verbunden eine Gerade, die der reellen Axe von Σ' gleich ist. Dadurch ist also Σ' ebenfalls vollständig bestimmt.

In unserer Figur haben wir die Fläche durch zwei vom Mittelpunkte m des Hyperboloids gleich weit entfernte Parallelkreise K_1, K_2 begrenzt, deren Mittelpunkte o und o' sind. Da die Meridian-Hyperbel Σ nicht gezeichnet vorliegt, so wurde zuerst der Radius dieser Kreise bestimmt, in dem wir die Schnittpunkte der z. B. durch o parallel zur reellen Axe von Σ gezogenen Geraden mit Σ auf die bekannte Art construirt haben [1]. Die Bestimmung der Central-Projection der beiden Kreise K_1 und K_2 unterliegt weiter keiner Schwierigkeit.

Wir wollen nur noch kurz der Construction Erwähnung thun, welche uns zur Bestimmung der Contactpunkte dieser Centralprojectionen mit Σ' führt. Zu diesem Zwecke bemerken wir, dass dies die Perspectiven derjenigen zwei Punkte des bezüglichen Kreises sind, in welchen derselbe von der Polarebene S des Projections-Centrums C in Bezug auf die Fläche geschnitten wird. Um diese Punkte einfach zu bestimmen, wollen wir darauf hinweisen, dass die Schnittlinie der Ebene S mit irgend einer horizontalen Ebene senkrecht steht auf der Schnittlinie derselben horizontalen Ebene und der Ebene E, welche man durch

---

[1] Siehe z. B. Herrn Prof. Niemtschik's Neue Constructionen der auf ebenen und krummen Flächen erscheinenden Reflexe. Sitzungsb. d. kais. Akad. d. Wissensch. mathem.-naturw. Cl. Bd. LIII, Fig. 62.

die Rotations-Axe der Fläche und das Projections-Centrum C legen kann. Die Richtung der letzteren Schnittlinie können wir aber einfach bestimmen. Wir brauchen blos, wenn z. B. mit der halben Distanz gearbeitet wird, die Entfernung des Hauptpunktes C' von der Rotationsaxe der Fläche in h zu halbiren, und h mit $\left(\frac{C}{2}\right)$ zu verbinden. Da wir aber die Bildflächen-Trace der Ebene S kennen, denn diese ist die Polare P des Punktes C' in Bezug auf Σ, so fällen wir, um z. B. die beiden im Kreise K_2 liegenden Punkte von S zu bestimmen, vom Punkte q', in welchem der zur Bildebene parallele Durchmesser des Kreises K_2 von P geschnitten wird, eine Normale zu $h\left(\frac{C}{2}\right)$, welche K_2 in den Punkten III und IV schneidet, deren Central-Projectionen III′, IV′ uns die gesuchten Contactpunkte liefern. Die Tangenten in den Punkten III′, IV′ sind Projectionen von Tangenten des Kreises K_2 in den entsprechenden Punkten III und IV [1]. Ebenso erhalten wir die beiden Punkte I′, II′, in denen die Central-Projection von K_1 Σ' berührt. Dass die Geraden I′, II′ und III′, IV′ die Horizontlinie in demselben Punkte treffen müssen, in dem letztere von der Fluchtlinie der Ebene S geschnitten wird, ist bekannt.

5. In Fig. 4 haben wir schliesslich eine vollständige Darstellung der Central-Projection eines zweifachen Hyperboloids, nach der auseinandergesetzten Methode gegeben, und zwar hauptsächlich aus dem Grunde, weil dieselbe gewöhnlich in den diesen Gegenstand betreffenden Arbeiten übergangen wird. Die in der Bildebene liegende Meridian-Hyperbel Σ ist durch die Asymptoten A, A' und die Brennpunkte f, f' bestimmt; in C' ist der Hauptpunkt und durch $C'\left(\frac{C}{2}\right)$ die halbe Distanz gegeben. Die Construction unterscheidet sich von den vorhergehenden nur durch die Bestimmung des Mittelpunktes m' der Contourcurve Σ'. Wir haben bereits früher gesagt, dass

[1] Dadurch haben wir zugleich eine Construction von Σ' aus Punkten und Tangenten kennen gelernt, welche einfacher sein dürfte, als alle für diesen Zweck bisher gelieferten.

dieser Mittelpunkt die Central-Projection des Poles der Fläche in Bezug auf die Verschwindungsebene als Polarebene ist. Denken wir uns daher durch die Rotationsaxe der Fläche eine senkrechte Ebene zur Bildebene gelegt, so schneidet diese unsere Fläche nach einer Meridian-Hyperbel H, und construiren wir in einem der beiden Punkte, in welchen H von der Verschwindungsebene V geschnitten wird, eine Tangente an H, so trifft diese den zur Bildebene senkrechten Durchmesser D der Fläche im Punkte v, dessen Central-Projection der Mittelpunkt m' ist. Bezeichnen wir den Schnittpunkt von D und V mit d, und ist m der Mittelpunkt von Σ, so gilt bekanntlich die Relation $-md.mv=D^2$, und wenn wir die Strecke mv um ihre eigene Länge über m aus bis mv' verlängern, so wird: $md.mv'=D^2$, d. h. d, v' und die beiden Endpunkte des imaginären Durchmessers D sind vier harmonische Punkte. Projiciren wir daher die Endpunkte von D central nach γ und γ', so gibt uns der Halbirungspunkt dieser Strecke die Projection von v', und der ihm zugeordnete harmonische Punkt in Bezug auf m, C' muss offenbar die Central-Projection von v, d. h. der gesuchte Mittelpunkt m' von Σ' sein. Wird der Punkt m' mit dem in bekannter Weise construirten Parabelbrennpunkt π verbunden und die Halbirungslinien des Winkels $\pi m'C'$ gezeichnet, so sind diese die Axen von Σ' während der durch π und C' gehende Kreis K, dessen Mittelpunkt auf der imaginären Axe von Σ' liegt, die reelle Axe in den Brennpunkten F, F' schneidet. Lassen sich von C' keine reellen Tangenten an Σ ziehen, so construiren wir auf folgende Art die imaginäre Axe von Σ'. Bezeichnet q den Schnittpunkt der Geraden $m'C'$ mit der Polaren P von C' in Bezug auf Σ, so kann die absolute Länge des mit $m'C'$ zusammenfallenden imaginären Diameters pp' von Σ' aus der Relation $m'q.m'C'=m'p^2$ bestimmt werden. Die durch p und p' parallel zu P gezogenen Geraden sind Tangenten der zu Σ' conjugirten Hyperbel [1]. Diese hat bekanntlich die reelle (imaginäre) Axe von Σ' beziehungsweise zur imaginären (reellen) Axe, und wir erhalten daher ihre Brennpunkte φ, φ', wenn wir auf die imaginäre Axe von Σ' die Excentricität $m'F=m'\varphi$ abtragen. Fällen wir weiter von φ eine Senk-

[1] Staudigl's Neuere Geometrie, p. 170.

rechte auf die durch p parallel zu P gezogene Gerade, so gibt uns der Fusspunkt der letzteren mit m' verbunden die Länge der reellen Axe der conjugirten Hyperbel, daher die imaginäre Axe von Σ'.

6. Dass man die Idee, welche dieser kleinen Mittheilung zu Grunde liegt, auch anderweitig sehr vortheilhaft, z. B. zur Bestimmung senkrechter Axen von Central-Projectionen der Kegelschnittslinien, selbst wenn nur ein aliquoter Theil der Distanz zu Gebote steht, verwerthen kann, wird jeder Sachkundige sofort erkennen. Ich bemerke nur noch, dass die Constructionen der Axen von Central-Projectionen beliebiger Flächen zweiten Grades bei beliebiger Neigung ihrer Axen zur Bildebene beinahe dieselben sind, wie die hier durchgeführten: Ist Σ der Diametralschnitt, in welchem die Fläche von der Bildebene geschnitten wird [1], so unterscheiden sich die Constructionen nur dadurch, dass jetzt an die Stelle des Hauptpunktes C' der Fluchtpunkt desjenigen Diameters der Fläche eintritt, welcher der Bildebene conjugirt ist.

---

[1] Den Mittelpunkt der Fläche kann man bekanntlich immer in der Bildebene liegend annehmen.

SITZUNGSBERICHTE

DER

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHEN CLASSE

DER KAISERLICHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

LXVI. BAND. III. ABTHEILUNG.

JAHRGANG 1872. — HEFT I BIS V.

(Mit 13 Tafeln und 12 Holzschnitten.)

WIEN.

AUS DER K. K. HOF- UND STAATSDRUCKEREI.

IN COMMISSION BEI CARL GEROLD'S SOHN,

BUCHHÄNDLER DER KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

1872.

INHALT.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

LXVI. Band.

DRITTE ABTHEILUNG.

6.

Enthält die Abhandlungen aus dem Gebiete der Physiologie, Anatomie und theoretischen Medicin.

XVI. SITZUNG VOM 6. JUNI 1872.

Herr Prof. Dr. Ew. Hering in Prag übersendet eine Abhandlung: „Zur Lehre vom Gesichtssinne. I. Mittheilung: Über successive Lichtinduction."

Herr Prof. V. v. Lang überreicht eine Abhandlung vom Herrn Dr. Haldor Topsöe aus Kopenhagen, betitelt: „Krystallographisch-chemische Untersuchungen."

Herr Prof. Dr. Th. Meynert übergibt eine Abhandlung: „Beitrag zur Kenntniss des *Thalamus opticus* und der ihn umgebenden Gebilde bei den Säugethieren," vom Herrn Auguste Forel.

An Druckschriften wurden vorgelegt:

American Academy of Arts & Sciences: Memoirs. New Series. Vol. X, Part 1. Cambridge & Boston, 1868; 4°.

— Association for the Advancement of Science: Proceedings. XIXth Meeting. Cambridge, 1871; 8°.

Annales des mines. VIIe Série. Tome I. 1re Livraison de 1872. Paris; 8°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXIV, Nr. 21. Paris, 1872; 4°.

Gesellschaft, österr., für Meteorologie: Zeitschrift. VII. Band, Nr. 11. Wien, 1872; 4°.

— Königl. bayer. botanische, zu Regensburg: Flora. N. R. XXVII. & XXVIII. Jahrgang. Regensburg, 1869 & 1870; 8°. — Repertorium der periodischen botanischen Literatur. V. & VI. Jahrgang. 1868 & 1869. Regensburg, 1869 & 1870; 8°.

Jahres-Bericht der Lese- und Redehalle der deutschen Studenten zu Prag. Vereinsjahr 1871—72. Prag, 1872; 8°.

Koch, F. E., und C. M. Wiechmann, Die Mollusken-Fauna des Sternberger Gesteins in Mecklenburg. I. Abtheilung. Neubrandenburg, 1872; 8°.

Moniteur scientifique-Quesneville. 365° Livraison. Mai 1872. Paris; 4°.

Nature. Nr. 135, Vol. VI. London, 1872; 4°.

Pessina, Luigi Gabriele, Considerazioni sui movimenti del Sole ovvero conseguenze emergenti dal moto translatorio del Sole. Messina, 1872; 8°.

Philomathie in Neisse: XVII. Bericht. 1869—1872. Neisse, 1872; 8°.

Reichsanstalt, k. k. geologische: Verhandlungen. Jahrgang 1872, Nr. 9. Wien; 4°.

„Revue politique et littéraire“ et „La Revue scientifique de la France et de l'étranger“. Ire Année (2e Série), Nr. 49. Paris & Bruxelles, 1872; 4°.

Société géologique de France: Bulletin. 2e Série, T. XXVIII. 1871. Nr. 2. Paris 1870 à 1871; 8°.

Society, The Chemical, of London: Journal. N. S. Vol. X, February—April 1872. London; 8°.

Soret, J.-Louis, François-Jules Pictet. Notice biographique. (Arch. des sciences de la Bibliothèque Universelle.) Génève, 1872; 8°.

Zur Lehre vom Lichtsinne.

Erste Mittheilung.

Über successive Lichtinduction.

Von **Ewald Hering,**
Professor der Physiologie in Prag.

(Mit 2 Holzschnitten.)

§. 1.

Vorbemerkungen.

Als ich vor einigen Jahren an die Herausgabe des zweiten Abschnittes einer monographischen Arbeit „über das binoculare Sehen“[1] gehen wollte, welcher Abschnitt die binocularen Lichtempfindungen zu behandeln hat, kam ich sehr bald zu der Überzeugung, dass der Erfolg meiner Bemühungen ein sehr zweifelhafter sein müsse, wenn ich nicht zuvor die jetzt herrschenden Theorien der Lichtempfindung überhaupt einer ausführlichen Kritik unterworfen hätte. Da diese Kritik für mich zugleich den Versuch einer Widerlegung vieler, jetzt fast allgemein verbreiteter Ansichten mit sich gebracht hätte und deshalb eine ziemlich umfassende Arbeit geworden wäre, so unterliess ich sie damals gänzlich, womit mir freilich auch die Fortsetzung der erwähnten Monographie vor der Hand unmöglich gemacht war.

Seitdem hat mich die fortgesetzte Beschäftigung mit physiologischen und psychologischen Fragen immer mehr in der Überzeugung bestärkt, dass jene moderne Richtung der Sinnenphysiologie, welche insbesondere in der „Physiologischen Optik“ von Helmholtz den scharfsinnigsten Ausdruck gefunden hat, uns nicht zur Wahrheit führt, und dass, wer der Forschung auf diesem

---

[1] Die Lehre vom binocularen Sehen. Leipzig 1868.

Gebiete neue Wege erschliessen will, sich zuerst freimachen muss von den jetzt herrschenden Theorien.

Die Unzulänglichkeit der letzteren hat meiner Ansicht nach ihren wesentlichsten Grund in der spiritualistischen oder, wie man sie euphemistisch bezeichnet hat „psychologischen“ Behandlung von Fragen, die, wenn sie überhaupt mit Erfolg erörtert werden sollen, physiologisch untersucht werden müssen. Es zieht sich durch die moderne Sinnenphysiologie in ähnlicher Weise ein verhängnissvolles Vorurtheil, wie früher durch die Physiologie überhaupt. Wie man nämlich einst alles, was man nicht physiologisch untersuchen konnte oder wollte, aus einer Lebenskraft erklärte, so erscheint jetzt auf jedem dritten Blatte einer physiologischen Optik die „Seele“ oder der „Geist“, das „Urtheil“ oder der „Schluss“ als deus ex machina, um über alle Schwierigkeiten hinweg zu helfen. Wie es ferner in der That noch unzählige Lebenserscheinungen gibt, die früher, und zwar selbstverständlich ganz überflüssiger Weise, wenn auch zuweilen recht scharfsinnig, aus der Lebenskraft erklärt worden sind, und die wir uns auch heute noch mit unserer ganzen Physik und Chemie nicht annähernd klar machen können, so gibt es auch noch zahllose Sinnesphänomene, die wir für jetzt einer eigentlich physiologischen Untersuchung noch nicht unterwerfen können, und diese sind für die spiritualistische Physiologie ein sehr dankbares Gebiet, das ihr vorerst niemand streitig machen wird. Dass aber auch zahlreiche Erscheinungen, die schon jetzt eine physiologische Untersuchung zulassen, noch immer mit psychologischen Gemeinplätzen abgethan werden, ist wohl zu bedauern.

Im Gegensatze zu dieser spiritualistischen Richtung, welche sich begnügt, die Gesetze der Sinneserscheinungen, so weit sie nicht bereits physiologisch erklärt sind, aus der Eigenthümlichkeit des menschlichen Geistes abzuleiten, habe ich mich von Anfang an auf den physiologischen Boden gestellt und mich bemüht, die Phänomene des Bewusstseins als bedingt und getragen von organischen Processen anzusehen und Verlauf und Verknüpfung der ersteren aus dem Ablauf der letzteren zu erläutern, soweit dies eben bis jetzt überhaupt möglich ist. Es ist nicht meine Absicht, hier den tief greifenden Unterschied ausführlicher darzulegen, welcher zwischen meiner Auffassung, sowie meiner Art,

die Probleme der Sinnenphysiologie zu behandeln, und jener jetzt vorwaltenden spiritualistischen Ansicht und ihrer Methode besteht.

Dieser Unterschied wird dem aufmerksamen Leser schon in der vorliegenden kleinen Abhandlung, noch mehr aber in den folgenden ersichtlich werden. Ich betone denselben jetzt hauptsächlich deshalb, um schon hier Einspruch zu erheben gegen die Bezeichnung, welche man meiner Theorie des Binocularsehens neuerdings zu geben pflegt. Helmholtz hat dieselbe nämlich als die „nativistische“ bezeichnet, im Gegensatze zu der von ihm vertheidigten, welche er die „empiristische“ nennt. Diese Bezeichnungen sind durchaus nicht zutreffend, denn sie machen einen ganz nebensächlichen Punkt zur Hauptsache. Zwischen „Nativismus“ und „Empirismus“ besteht kein grundsätzlicher, sondern nur ein gradweiser Unterschied. Wenn uns, um dies hier abermals auszusprechen, die Organe angeboren sind, so sind es bis zu einem gewissen Grade auch ihre Functionen, das müssen selbst die strengsten „Empiristen“ zugeben; und anderseits hat es nie einen „Nativisten“ gegeben, der den gewaltigen Einfluss geleugnet hätte, welchen Gebrauch und Übung auf die Functionen unserer Organe und insbesondere der Sinnesorgane hat. Es kann sich also zwischen „Nativisten“ und „Empiristen“, soweit sie wirkliche Physiologen sind, nur darum handeln, ob man die Grenzen des Angebornen weiter oder enger zu ziehen habe. Der Spiritualist freilich wird immer geneigt sein, das Gebiet des Angebornen einzuengen, um für den menschlichen Geist einen freieren Spielraum zu gewinnen und denselben als möglichst unabhängig von seiner organischen Grundlage darstellen zu können. Daher sind die Spiritualisten mit Vorliebe auch „Empiristen“.

„Empirismus“ und „Nativismus“ sind also keine Gegensätze, solange nur ihre Methode eine wahrhaft physiologische bleibt. Dies wird besonders einleuchtend, wenn man bedenkt, dass der nativistische Physiolog im Grunde auch Empirist ist, insofern er nämlich dasjenige, was der jetzt sogenannte Empirismus als einen Erwerb des individuellen Lebens ansieht, als einen Erwerb des Lebens aller jener zahllosen Wesen betrachtet, mit welchen das jetzt lebende Individuum in aufsteigender Linie verwandt ist

und von welchen es das ihm Angeborne geerbt hat. Dagegen liegt zwischen der spiritualistischen und der physiologischen Methode eine tiefe Kluft. Denn es ist ein ganz grundsätzlicher Unterschied, ob ich die Gesetze der Regungen des Bewusstseins aus den Gesetzen der Bewegungen des organischen Stoffes abzuleiten suche, oder ob ich mir diese Mühe erspare und kurzweg sage, jene Gesetze sind eben eine Eigenthümlichkeit des Geistes oder der Seele, und es ist z. B. etwas sehr verschiedenes, ob ich die Erscheinungen des Contrastes auf eine Reaction der Nervenelemente zurückführe oder sie aus der Natur „des menschlichen Geistes" erkläre.

Diesen tiefgreifenden Unterschied der Methoden nicht erkannt oder wenigstens nicht anerkannt zu haben, das ist's, was ich meinen wissenschaftlichen Gegnern fast zum Vorwurfe machen möchte. Freilich, hätten sie ihn recht erkannt, so wären sie wohl kaum meine Gegner.

Es gibt noch immer unter den Naturforschern manchen heimlichen Anhänger der Lebenskraft, aber kein Naturforscher, der diesen Namen mit Ehren trägt, wird es heute wagen, die Lebenskraft als einen Factor in die Mechanik der Lebensprocesse rechnend einzuführen. Und mehr verlange ich auch von der spiritualistischen Physiologie nicht. Möge sie im Stillen und in philosophischen Abhandlungen ihren Ansichten über die Natur des menschlichen Geistes nachhängen, als ein Erklärungsprincip darf sie den letzteren nicht in die Sinnenphysiologie einführen, wenn sie sich nicht eines methodischen Fehlers schuldig machen will.

Man kann allerdings die Erscheinungen des Bewusstseins ohne alle Rücksicht auf ihr organisches Substrat untersuchen, man kann sie sichten, ordnen, allgemeine Gesetze ihres Verlaufes und ihrer Verknüpfung abstrahiren, und dann die Einzelphänomene ableitend aus diesen Gesetzen erklären. So ist im wesentlichen zeither die philosophische Psychologie verfahren, soweit sie als rein empirische überhaupt etwas Positives leistete. Wir haben auf diesem Wege schätzbare Kenntnisse gewonnen; weit sind wir aber im Ganzen nicht gekommen. Es ist eben nicht besonders zweckmässig, sich über die Bewegungen eines Spiegelbildes den Kopf zu zerbrechen, wenn man den gespiegelten Körper selbst

in seinen Bewegungen untersuchen kann. Wo das letztere noch nicht möglich ist, bleibt freilich nichts anderes übrig, als das Erstere zu thun.

Ganz anders, als diese philosophische Psychologie, welche bisher im Wesentlichen nur eine descriptive war, verfährt die physiologische Psychologie, oder wie ich sie lieber nennen möchte, die Physiologie des Bewusstseins. Sie betrachtet die Bewusstseinsphänomene als Functionen physischer Vorgänge, und indem sie bei der Untersuchung der ersteren immer zugleich auch die letzteren im Auge behält, fliesst ihr die Erkenntniss aus doppelter Quelle. Das physische Ereigniss macht ihr das psychische verständlich, und das psychische Ereigniss wirft umgekehrt sein Licht auf das physische.

§. 2.

Beschreibung des negativen Nachbildes einer hellen Scheibe auf dunklem Grunde.

Betrachtet man bei mässiger Beleuchtung mit beiden Augen unverrückten Blickes den irgendwie bezeichneten Mittelpunkt einer kleinen hellen Scheibe auf weit ausgedehntem dunklen Grunde eine Viertel- bis ganze Minute lang, schliesst dann die Augen und schützt sie noch ausserdem vor dem Eindringen des Lichtes durch die Lider, so sieht man auf dem Grunde des mehr oder weniger dunklen Sehfeldes eine meist noch dunklere Scheibe scharf begrenzt und umgeben von einem lichten Hofe. Seine grösste Helligkeit hat dieser Lichthof, wie ich ihn nennen will, in unmittelbarer Nähe des Nachbildrandes, und es nimmt seine Helligkeit in centrifugaler Richtung mehr oder weniger rasch ab, um sich schliesslich unmerklich in den dunklen Grund zu verlieren.

Jeder Laie, den ich den Versuch anstellen liess, bestätigte das Angegebene. Da aber ausserdem bei diesem Versuche vielerlei anderes zu beobachten ist, dessen Beschreibung mehrere Seiten füllen könnte, so bekommt man von Laien, wenn sie irgend zu beobachten verstehen, gewöhnlich auch noch Mittheilungen über die dabei auftretenden subjectiven Farben, über den Helligkeitswechsel, das vorübergehende Verschwinden, die scheinbaren

Bewegungen des Nachbildes u. a. m. Alles dies kommt hier noch nicht in Betracht, da ich zunächst nur auf das Gewicht legen will, was jeder Laie angibt, wenn man ihn nur zur Beschreibung des Geschehenen auffordert.

Aus meiner eigenen, übrigens auch von Andern bestätigten Erfahrung will ich zur näheren Erläuterung vorläufig nur noch folgendes hinzufügen:

Der lichte Hof des Nachbildes der weissen Scheibe ist, wenn bei mässiger Beleuchtung experimentirt wird, im Allgemeinen um so heller und breiter, je länger die Scheibe fixirt wird. Nach sehr langer Fixation sehe ich ihn sogar intensiv leuchtend. Vorübergehend reducirt er sich bisweilen auf einen schmalen hellen Saum, um bald nachher sich wieder auszubreiten, und was dergleichen Wechselphänomene mehr sind. Immer aber ist, sofern nur das Nachbild der Scheibe überhaupt deutlich sichtbar ist, auch der mehr oder minder breite Lichthof vorhanden.

Das Nachbild der Scheibe selbst kann in seiner Helligkeit im Vergleich zu der des allgemeinen Grundes variiren, so viel aber steht fest, dass es immer dunkler erscheint als der lichte Hof. Die Farben des Nachbildes und seines Lichthofes sind sehr verschieden, je nachdem man den Versuch bei natürlicher oder künstlicher Beleuchtung anstellt, worauf erst in einer späteren Mittheilung eingegangen werden kann.

Vor der Anwendung einer irgend starken Beleuchtung muss bei diesem wie bei allen folgenden Versuchen ganz besonders gewarnt werden, weil man dadurch nicht blos seine Augen angreift, sondern, was das eigentlich Wesentliche ist, ganz andere u. sozusagen unreine Resultate bekommt. Wie es nicht zweckmässig wäre, die Untersuchungen über den Wärmesinn damit zu beginnen, dass man übermässige Hitze oder Kälte auf die Haut wirken liesse, so ist es auch methodisch falsch, die Netzhaut mit intensivem Lichte zu blenden, wenn man ihre sozusagen normale Thätigkeit untersuchen will. Wenn bei unserem Versuche das Nachbild der Scheibe sich nicht in der beschriebenen Weise zeigt, sondern ein deutlich entwickeltes positives Nachbild sich dauernd oder mehrmals wiederkehrend bemerklich macht, so war die Beleuchtung für das Versuchsauge zu stark.

Endlich sei noch besonders betont, dass der beschriebene, wie auch die folgenden Versuche, mit beiden Augen gleichzeitig anzustellen sind. Das Experimentiren mit nur einem Auge bedingt eine überflüssige Complication durch den Wettstreit der Sehfelder.

§. 3.

Der Lichthof des dunklen negativen Nachbildes fordert eine physiologische Erklärung.

Das im Vergleich zu seiner Umgebung dunkle Nachbild der hellen Scheibe, wie man es bei unserem Versuche gewinnt,

erklärt man jetzt bekanntlich daraus, dass die vom Lichte der Scheibe getroffene Netzhautstelle ermüdet sei und deshalb nach Bedeckung der Augen durch die innern Reize minder stark erregt werde, oder anders gesagt, ein schwächeres Eigenlicht entwickele, als die übrige Netzhaut. Das ist also zwar eine physiologische Erklärung des negativen Nachbildes, nicht aber des Lichthofes. Von dem letzteren sagt die Ermüdungstheorie nichts, und sie kann es auch nicht, weil sie eben ganz ausschliesslich nur auf das negative Nachbild berechnet ist.

Da also diese physiologische Theorie der Nachbilder zur Erklärung des Lichthofes nicht ausreicht, so pflegt man letzteren „psychologisch" zu erklären. So sagt Helmholtz in seiner physiologischen Optik S. 360: „Es kann das negative Nachbild sogar im ganz dunklen Gesichtsfelde sichtbar werden, indem es hier als eine Verminderung der Helligkeit des Eigenlichtes der Netzhaut erscheint. In der Regel erscheint dann dieses Eigenlicht selbst in der nächsten Umgebung des dunklen Nachbildes durch Contrast mit diesem etwas heller". Helmholtz nimmt also den Lichthof des dunklen Nachbildes für eine Folge des simultanen Contrastes, und da er diesen rein psychologisch, d. h. aus einer Urtheilstäuschung erklärt, so bot sich ihm für eine eigentliche Untersuchung des Phänomens kein Anlass.

Mir ist dagegen dieser Lichthof als eine durchaus ebenso merkwürdige Thatsache erschienen, wie das negative Nachbild selbst, und ich habe mich mit jener psychologischen Erklärung umsoweniger begnügen können, als man ganz mit demselben Rechte auch das negative Nachbild selbst psychologisch erklären, d. h. sagen könnte, die relative Dunkelheit des Nachbildes sei die Folge davon, dass man die Helligkeit dieser Stelle im Vergleich zu ihrer früheren viel grösseren Helligkeit unterschätze.

Für mich würde übrigens die psychologische Erklärung des erwähnten Lichthofes aus dem simultanen Contraste schon deshalb hinfällig sein, weil ich den Hof des Nachbildes auch dann sehe, wenn das letztere eben einmal gar nicht dunkler ist als der Grund überhaupt, obwohl es dunkler ist als der Hof. Aber angenommen, Andere könnten diese nur unter besondern Umständen auftretende Erscheinung nicht sogleich bestätigen, so ist doch überhaupt nicht einzusehen, warum, wenn es sich nur

um ein falsches Urtheil handelte, dieses Urtheil uns nur über den Helligkeitsgrad der nächsten Umgebung des Nachbildes und nicht über den des ganzen Grundes überhaupt täuschen sollte. Die ganz gesetzmässige räumliche Begrenzung, innerhalb welcher sich das angebliche falsche Urtheil äussert, sollte, so meine ich, denn doch dazu auffordern, auch nach örtlichen Ursachen zu suchen und nicht gleich zum Übersinnlichen seine Zuflucht zu nehmen, das heisst auf jede wirkliche Erklärung zu verzichten.

Die spiritualistische Physiologie behauptet also, dass das Eigenlicht der Netzhaut zwar an der Stelle des Nachbildes in Folge der Ermüdung schwächer, dass es aber in der unmittelbaren Umgebung durchaus nicht heller sei, als auf der übrigen Netzhaut, dass wir vielmehr nur urtheilen, es sei in der Nähe des Nachbildes heller, weil letzteres dunkler ist, als der Grund im allgemeinen. Warum wir aber so urtheilen, wird nicht weiter erklärt, denn die Contrasterscheinungen sind eben eine Eigenthümlichkeit des menschlichen Geistes.

Wenn ich nun auch überzeugt war, dass der beschriebene Lichthof ebenso wie zahllose andere Contrasterscheinungen in einer geänderten Thätigkeit der betroffenen Netzhautstelle begründet sei, so schien es mir doch immer sehr schwer, die Anhänger der spiritualistischen Theorie zu meiner Ansicht zu bekehren, weil ich mir sagen musste, dass wer sich durch Erklärungen, wie die oben angeführte, überhaupt befriedigt findet, auch um spiritualistische Hilfssätze nie verlegen sein wird, wenn der Hauptsatz Einwendungen erfährt; denn schliesslich lässt sich jedes Sinnesphänomen in allen seinen Einzelheiten aus der Eigenthümlichkeit des menschlichen Geistes ableiten mit demselben Rechte oder Unrechte, mit welchem man jede beliebige Naturerscheinung aus der Allmacht des Schöpfers erklären kann. Ich bemühte mich daher, für meine eigene Ansicht entscheidende experimentelle Beweise beizubringen, d. h. für die blosse Anschauung und ohne irgend welchen Appell an das physiologische Gewissen des Experimentirenden den Beweis zu erbringen, dass der lichte Hof um ein dunkleres Nachbild in einer gesteigerten Entwickelung des sogenannten Eigenlichtes der betroffenen Netzhautstellen, also wirklich physiologisch begründet sei.

Unter Netzhaut oder Netzhautstelle möchte ich hier, wie in dieser Abhandlung überhaupt, nicht blos die im Augapfel selbst gelegenen Theile des nervösen Sehapparates, sondern auch die mit der eigentlichen Netzhaut in näherer Verbindung stehenden Nervenfasern und Hirntheile verstanden wissen, soweit nämlich dieselben beim Zustandekommen einer Lichtempfindung mit betheiligt sind. Wir wissen bis jetzt noch nichts Sicheres über den Ort des psychophysischen Processes, an welchen die Lichtempfindung unmittelbar geknüpft ist. Wenn ich daher von Reaction oder veränderter Thätigkeit einer Netzhautstelle spreche, müsste ich, um nichts zu präjudiciren, eigentlich jedesmal hinzufügen: „Beziehendlich derjenigen Opticusfasern und Hirntheile, welche beim Zustandekommen der Empfindung des auf jene Netzhautstelle wirkenden Lichtreizes mit betheiligt sind". Dies würde jedoch die Darstellung sehr schwerfällig machen.

§. 4.

Wenn die Lichthöfe zweier benachbarten dunklen negativen Nachbilder ineinandergreifen, so verstärken sie sich gegenseitig in ihrer Helligkeit.

Wenn es richtig ist, dass der helle Hof um ein dunkles negatives Nachbild, durch eine erhöhte Entwickelung von Eigenlicht an der betroffenen Netzhautstelle bedingt ist, so lässt sich erwarten, dass, wenn wir dieser Netzhautstelle eine doppelte Veranlassung zur gesteigerten Entwickelung des Eigenlichtes geben, dieses letztere nun auch um so heller und entschiedener sich bemerkbar machen werde.

Nehmen wir also zwei gleichgrosse Quadrate weissen Papiers vom ungefähren Durchmesser der vorhin benutzten Scheibe, und legen sie parallel neben einander auf einen möglichst tiefschwarzen Grund derart, dass die beiden einander zugewandten Seiten etwa 4 Mm. von einander abstehen. Hierauf fixiren wir einen in der Mitte des dunklen Zwischenraumes der beiden Quadrate gelegenen und irgendwie fein bezeichneten Punkt in der oben beschriebenen Weise. Im Gesichtsfelde der nachher vollständig gedeckten Augen erscheinen uns dann die negativen Nachbilder der beiden Quadrate in ganz analoger Weise, wie vorhin das negative Nachbild der weissen Scheibe, beide umgeben von hellen Höfen gleich dem oben beschriebenen, und in der That bemerken wir, dass der Zwischenraum der

beiden quadratischen Nachbilder im allgemeinen intensiver leuchtet, als die übrigen Theile der hellen Höfe. Ich sage „im allgemeinen“, weil infolge der Wandelbarkeit des Phänomens wohl ab und zu eine Phase eintritt, bei welcher dies nicht so entschieden ist; aber man merke wohl, dass dies eben nur vorübergehend der Fall und im Übrigen die grössere Helligkeit der Stelle, wo gleichsam beide Höfe sich decken, eine so constante und leicht zu beobachtende Erscheinung ist, dass jeder intelligente Laie sie wahrnimmt. Im Beginne der Beobachtung des Nachbildes können die Lichthöfe überall so hell erscheinen, dass die noch grössere Helligkeit des lichten Zwischenraums der quadratischen Nachbilder nicht sogleich auffällt, sobald aber die Lebhaftigkeit des ganzen Bildes nachlässt, tritt jene deutlich hervor, und am schlagendsten ist diejenige Phase der Erscheinung, bei welcher die Nachbilder der Quadrate ganz verschwinden, und nur noch der frühere Zwischenraum zwischen beiden fortleuchtet und als heller Streifen auf einem gleichmässig dunkeln Grunde erscheint. Laien haben mir ihr Erstaunen ausgedrückt, als sie dies sahen. Denn dass sie im Nachbilde die Quadrate wiedersehen, wenn auch in veränderter Beleuchtung, überrascht sie zwar auch, sofern sie noch nie auf Nachbilder geachtet haben, aber dass sie bei diesem Versuche nur einen Streifen sehen, dem gleichsam nichts Reales im Vorbilde entspricht, erweckt ihnen neues Staunen.

Um die grössere Helligkeit der Stelle des Grundes, wo die beiden Lichthöfe sich decken, zu erklären, werden die Anhänger der spiritualistischen Theorie wahrscheinlich sagen, unser Urtheil werde hier doppelt stark gefälscht, weil ihm dazu von zwei Seiten her durch die dunkeln Nachbilder der Quadrate Veranlassung gegeben werde, etwa so, wie man eine falsche Nachricht um so sicherer glaubt, wenn man gleichzeitig von zwei Seiten belogen wird. Was aber die Thatsache betrifft, dass man den im Vorbilde dunklen Zwischenraum auch dann noch leuchtend sieht, wenn die negativen dunklen Nachbilder gar nicht mehr gleichzeitig sichtbar sind, sondern man ausser dem hellen Streifen nur noch einen gleichmässigen dunklen Grund sieht, so müsste die spiritualistische Theorie behaupten, dass, nachdem man einmal, verführt durch den Contrast, die falsche Idee gefasst habe, dieser

Theil des Gesichtsfeldes sei heller als alles Übrige, man sich nun von diesem Irrthum nicht sobald wieder losmachen könne, wenn auch die veranlassenden Ursachen der Täuschung bereits verschwunden sind; wie man denn in der That eine Lüge auch dann noch glauben kann, wenn die Lügner bereits wieder fort sind.

Hier böte sich nun für die Spiritualisten ein Anknüpfungspunkt, um auch die positiven Nachbilder in analoger Weise „psychologisch" zu erklären. Bekanntlich gibt ein lichter Streifen auf dunklem Grunde, wenn man ihn kurze Zeit betrachtet hat, im Gesichtsfelde des nachher geschlossenen Auges ein deutliches, wenn auch rasch vorübergehendes Nachbild, welches ebenfalls hell auf dunklem Grunde erscheint, ganz so wie bei unserm Versuche der dunkle Zwischenstreif zwischen den Quadraten. Wenn man nicht wüsste, wie man sich das Nachbild erzeugt hat, so könnte man in der That beide Phänomene durchaus verwechseln, da abgesehen von der Dauer ein wesentlicher Unterschied nur in der Erzeugungsweise beruht. So gut nun die Spiritualisten sagen können, dass bei unserem Versuche der helle Streif nach dem Verschwinden der dunklen Nachbilder deshalb noch eine kurze Weile sichtbar sei, weil wir uns nicht schnell genug von unserem falschen Urtheil über die Helligkeit dieser Stelle des Gesichtsfeldes frei machen können, so gut könnten sie auch sagen, man sehe nach kurzer Betrachtung eines hellen Streifens auf dunklem Grunde auch nach Schluss der Augen darum noch eine Weile einen entsprechenden hellen Streifen im Gesichtsfelde, weil wir uns nicht schnell genug von der ursprünglich richtigen Ansicht frei machen können, dass die entsprechende Stelle des Gesichtsfeldes wirklich durch Licht gereizt werde. Die Spiritualisten würden durch die gegebene „psychologische" Erklärung der jetzt verbreiteten physiologischen Hypothese überhoben, welche den Grund der positiven Nachbilder in einer Fortdauer der Erregung der betreffenden Netzhautstellen sucht, und in die spiritualistische Theorie käme auf diese Weise etwas mehr Zusammenhang und Consequenz der Durchführung.

Ich habe mir diese kleine Abschweifung erlaubt, um zu zeigen, dass es nicht schwer ist, psychologische Erklärungen zu geben, und um diese Art Erklärungen im Interesse des Folgenden ins richtige Licht zu setzen. Vielleicht ist jetzt wenigstens bereits soviel erreicht, dass durch den hier besprochenen Versuch Einer oder der Andere zu zweifeln beginnt, so dass der Versuch des folgenden Paragraphen schon günstigere Bedingungen vorfindet.

Nehmen wir statt der beiden kleinen weissen Quadrate zwei beliebig grössere, ebenfalls um circa 4 Mm. von einander abstehende, so bleibt die Erscheinung in Bezug auf den im Nachbilde hellscheinenden Mittelstreif im Wesentlichen ganz dieselbe. Nimmt man die Quadrate so gross, dass sie fast an die Grenze

des Sehfeldes reichen, so gilt immer noch für diesen Mittelstreifen dasselbe, wenn man auch die jetzt auf den peripherischen Netzhauttheilen gelegenen Ränder der Quadrate gar nicht mehr sieht. Man hat dann eigentlich nur das negative Nachbild eines dunklen Streifens auf weit ausgebreitetem hellen Grunde vor sich, wovon der nächste Paragraph handelt.

§. 5.

Beschreibung des negativen Nachbildes eines dunklen Streifens auf hellem Grunde.

Legt man einen etwa 4 Mm. breiten Streifen mattschwarzen Papieres auf einen weit ausgebreiteten rein weissen Grund und fixirt fest seine durch einen weissen Punkt bezeichnete Mitte eine Viertel- bis ganze Minute lang, so bemerkt man nachher im dunklen Sehfelde der geschlossenen und gedeckten Augen einen hellen Streifen. Indem ich nun wieder von den Farben des Streifens und ihrem Wechsel, von etwa vorhandenen schmalen, andersfarbigen Säumen, von der verschiedenen Helligkeit des Nachbildes an verschiedenen Stellen, von seinem Phasenwechsel etc. völlig absehe, betone ich hier nur zweierlei: Die unter günstigen Umständen sehr intensive Helligkeit des Nachbildes und das Fehlen eines dem oben (§. 2) beschriebenen Lichthofe entsprechenden dunklen Hofes. Man könnte nämlich nach Analogie des Lichthofes der dunkeln negativen Nachbilder jetzt einen entsprechenden dunklen Hof um das helle negative Nachbild erwarten, ganz besonders in Hinblick auf die psychologische Erklärung, welche von jenem Hofe gegeben wurde. Denn der Contrast zwischen dem hellen Nachbilde und dem dunkeln Grunde ist hier im Allgemeinen noch bedeutender, als bei unserem ersten Versuche und der Grund erscheint keineswegs absolut schwarz, vielmehr in einer mässigen und zuweilen sogar sehr mässigen Dunkelheit, daher denn die Dunkelheit dieses Grundes in der unmittelbaren Nähe des zuweilen sehr hell leuchtenden Nachbildes sehr wohl durch „Contrast" verstärkt werden könnte. Wenn es nun auch vorkommt, dass Einzelne zwar nicht von selbst, aber doch auf besonderes Fragen, zugeben, dass die allernächste Nachbarschaft des Nachbildes etwas andersartig erscheint als der übrige Grund, so ist dies doch bei Laien nur

eine Ausnahme, und sie bestätigen, dass von einem Vergleiche dieser Erscheinung mit dem lichten Hofe des dunkeln negativen Nachbildes nur entfernt die Rede sein könne. Und was mich selbst betrifft, so kann ich letzterem nur beistimmen, wobei ich mir jedoch die genaue Erörterung dieses Punktes vorbehalte. Hier will ich eben nur von dem sprechen, was Jeder sozusagen mit Händen greifen kann. Das Wichtigste bei dem ganzen Versuche ist nämlich die grosse Helligkeit des Nachbildes, welche sich unter günstigen Umständen zu einem intensiven Leuchten steigert.

Sehen wir nun, wie man jetzt dieses Phänomen erklärt. Im Anschlusse an Fechner's Theorie sagt Helmholtz, S. 363: „Was die negativen Bilder im ganz verdunkelten Gesichtsfelde betrifft, so lehrt der Augenschein, dass sie durch Verringerung des Eigenlichtes der Netzhaut zu Stande kommen. Dieses Eigenlicht also, welches wir aus der Wirkung innerer Reize auf den Sehnervenapparat herleiten müssen, unterliegt den Wirkungen der Ermüdung ebenso wie der Eindruck des äusseren Lichtes.“ Auf unsern Versuch übertragen, will dies sagen, dass die ganze Netzhaut mit Ausnahme der Stelle, auf welcher das Bild des schwarzen Streifens lag, ermüdet wurde, dass darum im Sehfelde des geschlossenen Auges nur die unermüdete Netzhautstelle noch das ungeschwächte Eigenlicht zeigt, während dasselbe auf der ganzen übrigen Netzhaut sehr vermindert ist.

Dieser bis hierher allerdings ganz physiologischen Erklärung widerspricht nun aber die unbefangene Anschauung insofern, als uns das negative helle Nachbild viel heller erscheint, als sonst unter normalen Verhältnissen das Eigenlicht der Gesammtnetzhaut, auch wenn wir die Augen eine Viertel- bis ganze Minute geschlossen und somit die Netzhaut gleich lange ruhen liessen, als bei unserem Versuche den grössten Theil derselben. Um nun diese im Vergleich zur gewöhnlichen Helligkeit des Eigenlichtes höchst auffallende und bisweilen förmlich leuchtende Helligkeit des negativen Nachbildes zu erklären, greift man wieder zum „falschen Urtheil“. Der starke Contrast, so sagt man, zwischen der Helligkeit des Nachbildes und der Dunkelheit des übrigen Gesichtsfeldes, welche Dunkelheit jetzt infolge der Ermüdung viel grösser sei als gewöhnlich, lässt uns das Nachbild für viel heller halten,

als es wirklich ist. Man fügt wohl auch hinzu, dass diese falsche Beurtheilung der Helligkeit des Nachbildes dadurch unterstützt werde, dass wir irrigerweise annehmen, das Gesichtsfeld sei im Allgemeinen nicht dunkler, als es sonst bei geschlossenen Augen ist, und dass wir in Folge dessen die Helligkeit des Nachbildes um ebensoviel überschätzen, als wir die Dunkelheit des Grundes unterschätzen.

Es ist nun, wie ich aus vielfacher Erfahrung weiss, gegenüber solchen Erklärungen ganz erfolglos, sich auf die unbefangene Anschauung zu berufen, welche Jedem zeigt, dass das negative Nachbild des schwarzen Streifens viel heller erscheint, als der innere Lichtnebel selbst dann, wenn wir die Augen viel länger als eine Minute geschlossen liessen. Denn mit Hilfe der „falschen Urtheile" kann man eben auch Hell in Dunkel, Weiss in Schwarz verkehren. Dagegen aber lässt sich glücklicherweise der Versuch so anordnen, dass er gestattet, das helle negative Nachbild ganz direct mit einem objectiv Hellen zu vergleichen und somit seine Lichtstärke gewissermassen zu messen. Es ist dies eine Versuchsweise, die sich auf viele andere subjective Licht- und Farbenerscheinungen anwenden lässt, welche durch sogenannten successiven und simultanen Contrast entstehen, eine Versuchsweise, welche wegen ihrer schlagenden Beweiskraft einem lange geführten Streite ein Ende machen wird. Dass dabei auch die Young'sche Farbentheorie ihr Ende findet, ist ein weiterer Vortheil der erwähnten Versuchsmethode.

§. 6.

Vergleichung der subjectiven Helligkeit eines negativen Nachbildes mit einer objectiven Helligkeit.

Machen wir die eine, z. B. rechte Hälfte des Gesichtsfeldes sehr dunkel, die andere hell und lassen ausserdem durch die helle linke Hälfte einen etwa 4 Mm. breiten, ebenfalls sehr dunklen Streifen quer hindurch gehen, so dass er rechtwinklig auf die scharfe Grenzlinie beider Hälften des Gesichtsfeldes trifft, so erhalten wir ein Vorbild, wie es Fig. 1 sehr verkleinert darstellt. Der Punkt a wird nun binocular $^1/_4$—1 Minute lange fixirt und sodann werden die Augen geschlossen und verdeckt. Man sieht

nun im Nachbilde die rechte Hälfte des Sehfeldes heller, die linke dunkler, beide getrennt durch eine scharfe Linie, in deren Nähe die Helligkeit der rechten Sehfeldhälfte wesentlich grösser ist als im Übrigen, und zwar derart, dass diese Helligkeit in un-

Fig. 1. Fig. 2.



mittelbarer Nähe der Grenzlinie am grössten ist und allmälig in eine schwächere, aber weiterhin gleichmässige Helligkeit übergeht. Dieser hellste Theil der rechten Hälfte entspricht dem oben beschriebenen Lichthofe. Quer durch die linke, jetzt dunklere Hälfte des Sehfeldes zieht sich ferner das helle Nachbild vom dunklen Querstreifen des Vorbildes, und zwar ist dessen Helligkeit noch grösser als die des eben erwähnten Grenztheiles der rechten Sehfeldhälfte. Letztere nämlich entspricht einem einfachen Lichthofe, während im Nachbilde des dunklen Querstreifens zwei Lichthöfe sich decken.

Um nun die subjective Helligkeit dieses Querstreifens mit einer objectiven Helligkeit zu vergleichen, bringe ich unmittelbar nach Schluss der Augen an die Stelle des Vorbildes (Fig. 1) ein Gesichtsfeld, dessen linke Hälfte tiefdunkel ist, während die rechte Hälfte eine sehr mässige Helligkeit hat. Die Grenzlinie beider Hälften hat wieder genau dieselbe Lage wie im Vorbilde (siehe Fig. 2). Auf diesen Grund werfe ich nun mein Nachbild, indem ich einen Punkt a' fixire, welcher dem Punkte a des Vorbildes der Lage nach entspricht.

Die ganze linke Netzhauthälfte und denjenige
rechten, welcher dem dunklen Querstreifen des
spricht, traf während der Betrachtung des let
wenigstens nur äusserst schwaches Licht, dah
theile ausruhen konnten; die rechte Netzhaut
nahme der, dem Querstreifen entsprechend

leuchtet und ermüdet. Blicken wir nun auf den Punkt a' des zweiten Gesichtsfeldes (Fig. 2), so wird jetzt die linke, also durch die vorhergehende Ruhe empfindlicher gewordene Netzhauthälfte von der Helligkeit der rechten Hälfte des Gesichtsfeldes getroffen, die rechte, ermüdete Netzhauthälfte aber bekommt gar kein oder nur äusserst schwaches Licht. Demnach müsste uns nach der Ermüdungstheorie die linke Sehfeldhälfte sehr dunkel erscheinen, denn das auf ihr erscheinende Licht wäre ja nur das in Folge der Ermüdung sehr schwache Eigenlicht der rechten Netzhauthälfte (wenn wir von dem äusserst schwachen objectiven Lichte absehen, welches diese Netzhauthälfte bei nicht ganz vollkommener Einrichtung des Versuches erhält). Eine Ausnahme macht die Stelle des Nachbildes vom Querstreifen, an welcher uns, da hier die Netzhaut ausruhen konnte, das ungeschwächte Eigenlicht der Netzhaut erscheinen müsste. Die rechte Sehfeldhälfte aber müsste relativ sehr hell erscheinen, denn hier trifft objectives Licht die ausgeruhte Netzhauthälfte, und gegen dieses, unter den günstigsten Bedingungen empfundene objective Licht müsste nach der Ermüdungstheorie das doch immer schwache Eigenlicht, welches wir im Nachbilde des Querstreifens sehen, sehr matt erscheinen.

Vergleichen wir nun aber die subjective, nur durch das Eigenlicht bedingte Helligkeit des Querstreifennachbildes mit der objectiven Helligkeit der rechten Hälfte des Gesichtsfeldes, so finden wir die letztere bei irgend passenden Versuchsverhältnissen nicht nur nicht grösser als die erstere, sondern das Nachbild des Querstreifens erscheint uns nahezu gleich hell, oder ebenso hell oder heller und im günstigsten Falle sogar viel heller als die rechte Gesichtsfeldhälfte, mit anderen Worten, das Eigenlicht der zuvor ermüdeten Netzhautstelle, welche dem Nachbilde des Querstreifens entspricht, ist im günstigen Falle heller als das objective, noch dazu von einer durch vorhergegangene Ruhe empfindlich gemachten Netzhauthälfte empfundene Licht.

Um den günstigsten Fall, wo das subjective Licht des Nachbildes heller erscheint als das objective, leicht herbeizuführen, benützt man als rechte, helle Hälfte des Gesichtsfeldes (Fig. 2) einen grossen Bogen weissen Papieres, als linke Hälfte z. B. ein grosses Stück schwarzen Sammtes, und beleuchtet das Gesichtsfeld durch eine leicht zu regulirende Lichtquelle, z. B. eine Lampe mit stellbarem Dochte oder eine Gasflamme. Dreht man während der Fixation des Punktes *a'* den Docht langsam herab oder den Gashahn zu, so kommt man bald zu der Grenze, wo das Nachbild des Querstreifens auf dem schwarzen Sammte heller leuchtet als das weisse Papier.

Hat man nach Betrachtung des Vorbildes (Fig. 1) rasch das Gesichtsfeld in der beschriebenen Weise gewechselt, so erscheint zuweilen anfangs selbst bei passend abgeschwächter Beleuchtung die ganze rechte Hälfte des Gesichtsfeldes (aus später zu besprechenden Gründen) so hell, dass die noch grössere Helligkeit des Nachbildes vom Querstreifen zunächst noch nicht auffällt. Bald aber lässt die Helligkeit der rechten Gesichtsfeldhälfte nach, die des Streifennachbildes wird immer auffallender und übertrifft, wie gesagt, die des weissen Papieres. Durch ein etwaiges vorübergehendes Verschwinden des ganzen oder einzelner Theile des Nachbildes wird sich der kundige Beobachter nicht irre machen lassen; für die Beweiskraft des Versuches ist es ohne Bedeutung.

Diese Beweiskraft aber ist eine schlagende; denn bisher hat, wie gesagt, die spiritualistische Physiologie immer behauptet, die grosse Helligkeit der negativen Nachbilder dunkler Objecte im geschlossenen Auge sei in Wirklichkeit gar nicht vorhanden, vielmehr sei sie eigentlich nicht grösser als die Helligkeit des gewöhnlichen Lichtnebels oder Eigenlichtes der geschlossenen Augen. Unsere Vorstellung von der Helligkeit und vom Weissen sei eben relativ, und wenn das ganze Sehfeld in Folge der Ermüdung recht dunkel sei, so nehme man schon das an und für sich schwache Eigenlicht einer einzelnen nicht ermüdeten Netzhautstelle für etwas sehr Helles oder Weisses. Genau derselbe Erregungszustand der Netzhaut, genau dasselbe Eigenlicht, sollte uns das einemal den Eindruck des Dunklen, das anderemal den Eindruck des Hellen machen, je nachdem von den umgebenden Netzhauttheilen der Eindruck des Hellen oder Dunklen kam. Für die reine Empfindung des Hell und Dunkel, des Schwarz und Weiss hatte man schon längst keinen Sinn mehr; diese Empfindungen dienten angeblich nur dazu, das geistige Spiel der „Vorstellun-

gen" vom Weissen und Schwarzen in Bewegung zu setzen. Dieselbe „Empfindung", die uns jetzt die „Vorstellung" des Schwarzen erweckte, sollte im nächsten Augenblicke die des Weissen hervorrufen, je nachdem eben die spiritualistische Physiologie das eine oder das andere für ihre Erklärungen nöthig hatte.

Unser Versuch macht nun die Probe aufs Exempel. Auf der einen Seite haben wir das reine Eigenlicht des Streifennachbildes, auf der andern die Empfindung, welche uns ein objectiv Helles auf einer, noch dazu durch vorhergehende Ruhe empfindlicher gewordenen Netzhauthälfte macht, wir können die nur subjectiv erhellten Theile des Sehfeldes mit den zugleich objectiv erhellten direct vergleichen, und nun zeigt sich unwiderleglich, dass Jene im Rechte waren, welche an der Überzeugung festhielten, dass das Weisse oder Lichte, welches man im geschlossenen Auge sieht, so gut ein Weisses oder Lichtes ist als dasjenige, welches man offenen Auges wahrnimmt.

§. 7.

Schlussfolgerungen.

Der im vorigen Paragraph besprochene Versuch lässt sich natürlich vielfach variiren; es kommt eben nur darauf an, den Gedanken einer directen Vergleichung des subjectiven Lichtes mit dem objectiven zur Durchführung zu bringen. Hätte ich vom Leser voraussetzen dürfen, dass er von vornherein mit mir der Annahme geneigt sei, eine lebhafte subjective Lichtempfindung, wie sie bei den bisher beschriebenen Versuchen beobachtet wird, könne nicht lediglich aus falschen Urtheilen entstehen, sondern müsse ihren physiologischen Grund im Sehorgane selbst haben, so hätte ich freilich meine Darlegung ganz anders beginnen können. Bei der grossen Verbreitung aber, welche gegenwärtig die spiritualistische Theorie gewonnen hat, musste ich zunächst solche Versuche herausgreifen, welche keinen Zweifel mehr dagegen aufkommen lassen, dass die besprochenen subjectiven Lichterscheinungen aus den Eigenschaften unseres Sehorganes und nicht aus dem Übersinnlichen zu erklären sind. Ehe ich aber diese Erklärung versuche und eine Theorie der gesammten Lichtempfindung entwickele, ist noch eine grosse Reihe anderweiter

Thatsachen zu besprechen. Für diesmal will ich mich darauf beschränken, aus den bisher angeführten Versuchen ein allgemeineres Gesetz abzuleiten, auf welches sich die später zu erörternde Theorie mit zu gründen haben wird.

Wir sahen aus den drei obigen Versuchen, dass, wenn wir irgend ein Helles auf dunklem Grunde längere Zeit fixirt hatten, nachher im Sehfelde der geschlossenen und gedeckten Augen die Conturen des im Vorbilde Hellen uns wieder erschienen, aber jetzt eine relativ dunkle Fläche einschlossen und von einer Umgebung abgrenzten, deren Helligkeit in unmittelbarer Nähe des Nachbildes am grössten war und sich dann allmälig abstufte, um in die wieder dunklere Grundfärbung des übrigen Sehfeldes überzugehen. Ich bezeichnete diese, unter Umständen sehr grosse, Helligkeit der nächsten Umgebung des dunkleren Nachbildes als den Lichthof. Um mich an den Sprachgebrauch anzuschliessen, welcher von inducirten Farben spricht, die ich später auch ausführlich zu erörtern haben werde, will ich das Licht des Lichthofes um ein relativ dunkles negatives Nachbild als inducirtes Licht bezeichnen, und zwar als successiv inducirtes Licht, weil die gewöhnlich sogenannte Farbeninduction eine simultane ist. Wie man sich gewöhnt hat, von simultanem und successivem Contraste zu sprechen, so kann ich im Anschluss an diesen Gebrauch auch von simultaner und successiver Lichtinduction sprechen, um welch' letztere es sich hier allein handelt.

Die successive Lichtinduction findet an jeder Netzhautstelle statt, wo bei Betrachtung des Vorbildes Helles und Dunkles aneinander grenzten, und zwar induciren die im Vorbilde hellen Theile das Licht auf jene Theile des Sehfeldes, die im Vorbilde dunkel waren, so dass letztere nun im Nachbilde des geschlossenen Auges heller erscheinen.

Das successiv inducirte Licht ist am stärksten in unmittelbarer Nähe der im Vorbilde hell gewesenen Theile und nimmt mit der Entfernung von der Grenze allmälig ab (Lichthof). Die Stärke und Ausbreitung des inducirten Lichtes hängt ab von der Stärke des Lichtes der im Vorbilde hellen Theile, von der mehr oder minder grossen Dunkelheit der dunkleren Theile des Vorbildes, von der Dauer der Betrachtung des Vorbildes, vom Orte

der Netzhaut, auf welchem das Licht inducirt wurde, und endlich von dem jeweiligen Zustande der Netzhaut.

Die Gesetze, nach welchen diese Factoren die Stärke und Ausdehnung des successiv inducirten Lichtes bestimmen, sind mir erst zum Theile annähernd bekannt und sollen erst später genauer erörtert werden.

Ich habe im Obigen einige besonders einleuchtende Beispiele der successiven Lichtinduction gleichsam aus dem Zusammenhange verwandter Erscheinungen herausgerissen und einzeln beschrieben, um zunächst nur den Beweis zu führen, dass erstens ein Theil der Netzhaut den andern in seiner Thätigkeit bestimmt, und nicht jedes Netzhaut-Element ein von seinen Nachbarn unabhängiges Einzelwesen darstellt, eine Behauptung, welche wiederholt aufgestellt, aber nie zu allgemeiner Anerkennung gebracht worden ist; und um zweitens darzuthun, dass das sogenannte Eigenlicht der Netzhaut schon innerhalb streng physiologischer Grenzen eine bedeutende Intensität gewinnen kann. Wenn ich dann in den nächsten Mittheilungen den simultanen und successiven Contrast zwischen Hell und Dunkel an einigen ebenfalls besonders einleuchtenden Beispielen erörtert haben werde, wird es möglich sein, die successive Lichtinduction aus allgemeinen Gesichtspunkten zu betrachten und sie dem physiologischen Verständnisse viel näher zu rücken. Die Wichtigkeit aber der hier besprochenen Thatsachen für die Lehre von den negativen Nachbildern im geschlossenen Auge dürfte schon jetzt einem Jeden ersichtlich sein; denn dass die Ermüdungstheorie unfähig ist, die letzteren erschöpfend zu erklären, ist durch das Obige bereits genügend erwiesen.

Absichtlich habe ich in dieser gewissermassen vorläufigen Mittheilung keine Rücksicht auf diejenigen Ansichten genommen, welche der meinigen mehr oder minder verwandt sind, und werde dies auch in den folgenden Mittheilungen nur ausnahmsweise thun, vielmehr die Vergleichung meiner Versuche und meiner Theorie mit denen anderer Forscher bis dahin verschieben, wo ich erstere in ihren Grundzügen dargelegt haben werde.

Beiträge zur Kenntniss des Thalamus opticus und der ihn umgebenden Gebilde bei den Säugethieren.

Von **Auguste Forel.**

(Mit 2 Tafeln.)

Folgende Untersuchungen habe ich unter der Leitung von Herrn Professor Meynert angestellt, welcher die Gefälligkeit hatte, mir seine zahlreichen Präparate, bestehend aus Reihen durchsichtiger Querschnitte und Längsschnitte von Säugethiergehirnen (Affe *[Macacus cinomolgus]*, Katze, Meerschwein, Fledermaus *[Vespertilio pipistrella]*, Känguruhratte *[Hypsiprimnus murinus]*, Maulwurf), sowie die in Weingeist aufbewahrten Stammhirne verschiedener Säugethiere aus seiner Sammlung zu diesem Zwecke zur Verfügung zu stellen. Daneben habe ich das Gehirn einer Maus und jenes eines Maulwurfes in Querschnitte zerlegt, endlich auch die Oberfläche und äussere Form frischer Gehirne untersucht.

In Stricker's Handbuche der Lehre von den Geweben hat Meynert den Bau und die Verhältnisse des *Thalamus opticus* beim Menschen beschrieben, ist aber, dem Zwecke des Buches entsprechend, weniger auf die Unterschiede in der Säugethierreihe eingegangen.

Den Versuch, das ganze centrale Nervensystem der Wirbelthiere darzustellen, machte Stieda in Dorpat (Stieda, I, II)[1]; der *Thalamus opticus* ist aber gerade in dieser Arbeit sehr wenig eingehend behandelt. — Stieda gibt sich am meisten mit der Beschreibung der Formelemente (Nervenzellen) ab. Diese bieten

---

[1] Ich bezeichne die verschiedenen Abhandlungen der citirten Autoren einfach durch römische Ziffern, welche dem meiner Arbeit angeschlossenen Literaturverzeichnisse entsprechen.

aber, für sich genommen, kein Bild der Gehirnzusammensetzung überhaupt und am allerwenigsten charakterisiren sie das Gefüge der Stammganglien.

Ich setze mir daher nicht die Aufgabe, sie nochmals besonders zu beschreiben.

Die älteren Autoren unterschieden das centrale Höhlengrau des dritten Ventrikels vom Sehhügel nicht, und man muss gestehen, dass eine scharfe Begrenzung zwischen beiden noch jetzt nicht ermittelt worden ist, trotzdem kein Zweifel über ihre verschiedene Bedeutung existirt. Ebenso ist der hintere Theil des Thalamus von der ganzen Substanz der Haube nicht streng abzugrenzen. Meynert (IV) fasst die Form des Sehhügels als die eines Bogens auf, der um eine aus den Vierhügelarmen und aus dem *Corpus geniculatum internum* bestehende Queraxe gerollt ist. Dieses Verhältniss ist bei den Affen am allerschönsten und beim Menschen ebenfalls sehr deutlich zu erkennen. Bei den anderen Säugethierordnungen aber fehlt, wie wir sehen werden, der hinter der Queraxe gelegene Theil des Sehhügels, das Pulvinar, ganz oder ist nur rudimentär entwickelt, so dass eigentlich nur die allerdings grössere vordere Partie des Bogens übrig bleibt. Dieser vordere Theil, der eigentliche Thalamus, ist vorne in allen Richtungen verengert, und hinten besonders in die Breite (horizontaler Querdurchmesser) erweitert. Da seine innere Wand in streng sagittaler Richtung von vorne nach hinten verläuft, muss also seine äussere (an die innere Kapsel stossende) Wand, in ihrem Verlaufe nach hinten, nach aussen abweichen und länger sein, als die innere, was bei allen Säugethieren der Fall ist. Genaue Beschreibungen der äusseren Form und der Bestandtheile des Sehhügels beim Menschen sind schon vorhanden, und um unnütze Wiederholungen zu vermeiden, setze ich sie als bekannt voraus.

Um den Sehhügel der Säugethiere zu verstehen, müssen nicht nur er selbst und seine Bestandtheile, sondern auch seine Verhältnisse zu den ihn umgebenden Gebilden (centrales Höhlengrau des III. Ventrikels, *fornix* mit dem *corpus mamillare, tractus opticus* mit den *corpora geniculata,* Vierhügel, Haube, innere Kapsel, *septum pellucidum,* Grosshirnlappen) studirt werden.

Das Pulvinar tritt bei Säugethieren gegen die übrige Sehhügelmasse, und mit dem des Menschen verglichen, in seiner Entwicklung zurück. Beim Menschen ist es der breiteste Theil des ganzen Thalamus; bei den Affen wird es schon sehr schmal und verlängert sich sichelförmig nach hinten, seitwärts und unten. Bei den übrigen Säugethieren, die ich untersuchte, war das Pulvinar nur ganz kurz oder fehlte vollkommen; seine Stelle war theilweise durch das *corpus geniculatum externum* eingenommen.

Dieses höchst wichtige Verhältniss muss näher beschrieben werden. Zu diesem Ergebnisse wurde ich dadurch geführt, dass Herr Professor Meynert mich auf den merkwürdigen Hochstand des *corpus geniculatum externum* bei der Katze (Fig. 3) aufmerksam machte. — Wenn man die Beschreibungen und Abbildungen von Säugethieren bei den meisten Autoren durchsieht, so findet man gewöhnlich für diese Gegend, vom Menschen- und Affenhirne abgesehen, sehr unklare Bezeichnungen.

Das *corpus geniculatum externum* wird meist gar nicht bezeichnet (Gudden II, Stieda I und II) und ebenso wenig das Pulvinar; als *corpus geniculatum* wird nur das *corp. gen. internum* gedeutet.

Andere, meist ältere Autoren, die ohne Microscop untersuchten, hatten die Sache viel richtiger aufgefasst und das *c. gen. ext.* an der rechten Stelle beschrieben (Gratiolet, Longet) oder abgebildet (Inzani und Lemoigne, Taf. III, Fig. 1 und 2), ohne aber dabei auf das Zurücktreten des Pulvinar aufmerksam gemacht und ohne die innere Structur näher besprochen zu haben; Luys bildet es auch richtig beim Rinde ab (Luys, Taf. XXXIX, Fig. 17).

Am wenigsten war hierüber J. Wagner orientirt, dessen „Opticuskern des Thalamus“ wie Meynert (IV) schon bemerkt hat, nichts anderes ist als eben das *c. gen. ext.*, und dessen *c. gen. ext.* nicht zu enträthseln ist.

Wenn wir die gemeinsamen Charaktere des Pulvinar beim Menschen und Affen ins Auge fassen, so sehen wir erstens, dass es einen Winkel mit dem übrigen Theile des Sehhügels bildet, indem der innere Rand des letzteren, welcher vom *tuberculum anterius* bis zur hinteren Commissur in sagittaler Richtung verläuft (so dass der eigentliche Thalamus direct von vorne nach

hinten gerichtet ist), sich dann plötzlich nach aussen wendet, um den Vierhügeln Platz zu machen, und indem in dieser Weise das ganze Pulvinar eine Richtung zugleich nach aussen und hinten nimmt.

Zweitens geht das Grau des eigentlichen Thalamus unmerklich in das des Pulvinar über, indem letzteres nichts anderes als die unmittelbare Fortsetzung vom oberen Theile (oberes Lager) seines hinteren Endes nach hinten und aussen ist. Demgemäss kann das Pulvinar nicht auf dieses obere Lager zu liegen kommen, sondern nur auf weiter hinten und seitlich gelegene Gebilde, wie die Kniehöcker. Wenn also in Fig. 6, 7, 8 der als *c. g. ext.* bezeichnete Theil, wie ersichtlich, oberhalb des eigentlichen Thalamus (seines oberen Lagers) liegt, so kann er dem Pulvinar in keiner Weise entsprechen, umsomehr, da das Pulvinar sich von vorne nach hinten verengert, wogegen der genannte Theil sich allmälig von hinten nach vorne verdünnt.

Drittens wird die Substanz des Pulvinar durch die Bündel des vorderen Zweihügelarmes rücksichtslos durchbrochen (Affe: Fig. 1; Mensch: Meynert IV, Fig. 249 *Bs*).

Viertens endlich zeigt das Pulvinar nichts, was der bei höheren Säugethieren charakteristisch geschichteten Structur des *c. gen. ext.* ähnlich sei. Beim Menschen und Affen sind beide Kniehöcker vom Pulvinar bedeckt (Affe: Fig. 1; Mensch: Meynert IV, Fig. 249); das *c. gen. ext.* erscheint wie von ihm nach hinten und unten geschoben und liegt tiefer als das *c. gen. int.* (Fig. 1). — Beim Affen wird sogar das *c. gen. ext.* vom Pulvinar überwölbt, so dass letzteres im Längsschnitte hinter ihm erscheint (Meynert IV, Fig. 233).

Werfen wir jetzt einen Blick auf Fig. 3, welche die Verhältnisse im Längsschnitte bei der neugebornen Katze darstellt, so sehen wir, dass das durch seine typische Structur unverkennbare *c. gen. ext.* oberhalb des *c. gen. int.* liegt, dass es sogar, bis zur oberen Fläche des Thalamus reichend, einen Theil derselben bildet und dass das kurze Pulvinar etwas von ihm bedeckt erscheint. Wenn wir dann Fig. 3 mit Fig. 10 vergleichen, welche die Ansicht des Stammhirnes einer Katze, von oben betrachtet, darbietet, so kann über die Bedeutung der äusserlich sichtbaren Theile kein Zweifel mehr obwalten. An der oberen Fläche des

Stammes trennt eine seichte, von hinten nach vorne verlaufende und nach innen convexe Rinne die obere Fläche des Thalamus von der des *c. gen. ext.* Bei der Katze treten übrigens andere, etwas störende Verhältnisse hervor, welche wohl auch bei den anderen Raubthieren vorhanden sein dürften. Das *c. gen. int.* erreicht nämlich eine gewaltige Grösse, springt kugelig hervor, wie ein breit aufsitzender Polyp und drängt den unteren Theil des *c. gen. ext.* nach vorne; da aber zugleich das noch vorhandene Pulvinar den oberen Theil des *c. gen. ext.* nach hinten schiebt, erscheint letzteres im Längsschnitte S-förmig gebogen, und es entsteht eine tiefe Furche zwischen beiden Kniehöckern. Durch das gänzliche Fehlen des Pulvinar bei anderen Säugethieren verschwindet die Furche wieder, so dass das *c. gen. ext.* sich nach vorne und innen (medianwärts) ausdehnen kann. Dass es sich bei der Katze wirklich noch um ein kurzes Pulvinar handelt, kann ich dadurch bestätigen, dass ich dessen Durchbrochenwerden durch Fasern des vorderen Zweihügelarmes an Querschnitten deutlich sehen konnte. Weil aber der untere Theil des *c. gen. ext.* weiter vorne als der obere, und in der besprochenen Furche versteckt liegt, erscheint er zuerst in den Querschnitten als runder Durchschnitt, anscheinend mitten in der Thalamussubstanz, an einer Stelle, deren vorderstes Ende in Fig. 2 X angedeutet ist. Ähnlich wie bei der Katze scheint mir das Verhältniss, dem äusseren Ansehen des Stammhirnes nach, beim Hunde und Seehunde zu sein.

Beim Schafe, Pferde und Schweine rückt das ganze *c. gen. ext.* mehr nach vorne, oben und innen (medianwärts), indem es, von keinem Pulvinar mehr gehindert, sich über den hinteren Theil des eigentlichen Thalamus flächenhaft ausbreitet und eine grosse Mächtigkeit erreicht. — Das ebenfalls sehr mächtige *c. gen. int.* erscheint dann fast ganz unbedeckt nach hinten und tritt etwas mehr nach oben hervor. Soweit ich diese Verhältnisse an frischen und an in Alkohol gehärteten Gehirnen studiren konnte, scheint mir kein Pulvinar mehr vorhanden zu sein, ausser etwa einer ganz stumpfen Andeutung desselben beim Pferde. Der kurze und breite übrig bleibende eigentliche Thalamus wird in seinem hinteren Theile vom *c. gen. ext.* nach aussen und theilweise nach

oben halbkreisförmig begrenzt, wie man es an Durchschnitten von frischen Präparaten deutlich sehen kann.

Bei den niederen Säugethieren (Meerschwein, Kaninchen, Maus, Maulwurf, Fledermaus[1], Känguruhratte) geht die Veränderung in demselben Sinne wie bei den vorigen weiter, indem das *c. gen. ext.* noch mehr nach oben und vorne rückt; folglich kommt das *c. gen. int.* hinter ihm ganz frei und dabei fast eben so hoch zu liegen (Fig. 6, 7, 8, 9). Etwas, was mit dem Pulvinar zu vergleichen wäre, existirt nicht mehr; der Thalamus erstreckt sich ganz gerade in sagittaler Richtung von vorne nach hinten und geht allmälig direct in die graue Substanz der Haube über, was ich an den in dünne (ohne Lücke einander folgende) microscopische Querschnitte vollkommen zerlegten Gehirnen der betreffenden Säugethiere sicher constatiren konnte (vgl. Fig. 8 und 9, erstere in der Ebene des *c. gen. ext.*, letztere in der des *c. gen. int.*). So kommen wir zu der Thatsache, dass nur beim Menschen und Affen beide Kniehöcker sich wirklich als *externum* und *internum* verhalten, bei der Katze aber als *superior* und *inferior*, bei den niederen Säugethieren als *anterior* und *posterior*, und dass sie bei den Ungulata ein intermediäres Verhältniss zwischen den beiden letzten Gruppen einnehmen. Dass das *c. gen. ext.* bei den niederen Säugethieren nicht mehr seine geschichtete Structur wahrnehmen lässt, ist nicht erstaunlich, da sie schon bei der Katze weniger scharf als beim Menschen und Affen ist. In vielen Schnitten von der Katze konnte ich sie nur schwer erkennen. — Bei jenen kleinen Thieren sind die feineren Nervenfasern des Gehirnes so zart, dass sie durch die Carminimbibition nicht mehr so deutlich als bei den grossen hervortreten und meist wie die graue Substanz roth tingirt erscheinen, was sich durch eine sehr schmale Breite der Markscheide erklären lässt. Man sieht übrigens immer deutlich die Einstrahlungen des *tractus opticus* ins *c. gen. ext.* (Fig. 7). Eine andere Erklärung von hoher Wahrscheinlich-

[1] Wenn ich den Maulwurf und die Fledermaus zu den niederen Säugethieren rechne und die Nager nach den Ungulata stelle, so weiss ich wohl, dass ich zoologisch ganz fehlerhaft verfahre; die Stufen der Gehirnentwicklung gliedern sich aber, wie schon längst bekannt, nicht nach der zoologischen Eintheilung.

keit für das Fehlen der blättrigen Structur wäre das Fehlen oder wenigstens das spärliche Vorhandensein von Hemisphäreneinstrahlungen in dasselbe bei niederen Säugethieren (vgl. Meynert IV, S. 741). Stieda unterscheidet das *c. gen. ext.* von der Thalamussubstanz nicht.

Von grosser Wichtigkeit und mit dem Vorhergesagten zusammenhängend sind die Verhältnisse des *tractus opticus*. Es ist bekannt, dass beim Menschen und Affen der *tractus opticus* sich in zwei fast gleich starke Zweige theilt, von welchen der eine ins *c. gen. ext.*, der andere ins *c. gen. int.* übergeht. Letzterer schliesst sich, nach Durchstreifung der Substanz des inneren Kniehöckers und theilweisen Verbindung mit dessen Zellen, reducirt an beide Vierhügelarme an (Meynert). Ersterer strahlt theilweise pinselförmig ins *c. gen. ext.* ein, theilweise umhüllt er es mit einer Markkapsel. Daneben sind noch directe Verbindungen der tiefen Fasern des *tractus* mit dem Sehhügel (innere Sehhügelwurzel des Sehstreifens, Meynert II) und der oberflächlichen mit dem *stratum zonale* (also auch mit dem Thalamus, und zwar mit seinem Pulvinar) vorhanden. Je mehr wir in der Säugethierreihe hinabsteigen, desto mächtiger wird der Tractus-Antheil des *c. gen. ext.*, desto schwächer der des *c. gen. int.* — Man sieht bei dem Schafe, dem Pferde, dem Schweine, der Katze, dem Meerschweine und der Maus fast sämmtliche oberflächliche Tractus-Fasern, das *c. gen. ext.* bedeckend, zuerst etwas nach vorne gegen die Mittellinie ziehen, und dann alle zusammen nach hinten umbiegen, um sich, vom *tractus transversus pedunculi* quer gekreuzt, in die Substanz des Ganglion der vorderen Zweihügel einzusenken. Dieses Verhältniss ist schon von Gratiolet und Longet beim Rinde, Schafe etc. richtig erkannt und beschrieben worden. Am frischen Gehirne der Katze ist es wo möglich noch schöner ausgeprägt, wie man aus Figur 10 ersehen kann, deren Zeichnung ich der Gefälligkeit des Herrn Hütter in Wien verdanke.

Ich habe diese Fasern durch Abfaserung am Stammhirne eines Schafes bis weit nach hinten unterhalb der mächtigen oberflächlichen grauen Schichte der vorderen Zweihügel (welche bei diesen Thieren sich schon von aussen so auffallend durch ihre Farbe kund gibt, beim Menschen und Affen aber nur durch im oberflächlichen Marke eingestreute Zellen [Meynert IV, S. 744]

angedeutet ist) horizontal ausgebreitet verfolgen können. In Fig. 7 *TO* und in Fig. 4 und 3 *TO Qdg. ant.* ist der Verlauf dieser Fasern an durchsichtigen Schnitten vom Meerschweine und von der Katze sichtbar; in Fig. 4 sieht man ihre Einstrahlung in den vorderen Zweihügel; in Fig. 10 sieht man sie von aussen bei der Katze. Dass auch solche Tractus-Fasern beim Menschen direct ins Ganglion des vorderen Zweihügels hinziehen, obwohl in relativ geringerer Anzahl, scheint mir ausser Zweifel, nur wird ihr Verlauf durch das Vorhandensein des Pulvinar versteckt und verwickelt. Man kann dieses in Fig. 1 wahrnehmen, welche einen Querschnitt durch das Affengehirn (*Macacus*) darstellt. — Man sieht sowohl Tractus-Fasern beide Kniehöcker umgeben, als auch solche von da aus unterhalb des Pulvinar nach oben verlaufen, sich dann dem Arme des vorderen Zweihügels anschliessend. Dass letzterer dennoch der Hauptsache nach beim Affen aus den Hemisphärenfasern der inneren Kapsel herkommt, ist ebenfalls in dieser Figur sichtbar; jedoch ist es möglich, dass ein Theil der Tractus-Fasern, welche an der äusseren Fläche des *c. gen. ext.* liegen und schief von vorne unten nach hinten oben verlaufen, sich schon nach aussen vom Pulvinar ihm anschliessen. Beim Menschen glaubte ich ebenfalls Tractus-Fasern durch Abfaserung direct in den vorderen Zweihügel durch die hinter dem Pulvinar gelegene Furche verfolgen zu können.

Die von Meynert beim Menschen und Affen (II, IV), und später wieder von Stieda (II) bei der Maus beschriebene innere Sehhügelwurzel des *tractus opticus* ist in der Säugethierreihe sehr constant; Fig. 6 stellt sie beim Meerschweine dar; ebenso ist sie bei der Maus, der Fledermaus, und andeutungsweise beim Maulwurfe sichtbar.

Nun wird aber von Gudden auf Grund seiner Experimente als *Commissura inferior* ein Gebilde bezeichnet, das unzweifelhaft ein Theil von Dem ist, was gewöhnlich *tractus opticus* genannt wird (Gudden II, Taf. VI, Fig. 8). Dieses Gebilde wird nur dann vom Tractus gesondert, wenn dieser durch Entfernung beider Retinae zur Atrophie gebracht wird. Nach der Abbildung und nach der Ansicht von Gudden, dass diese *Commissura inferior* eine Commissur zwischen beiden Thalami und beiden inneren Kniehöckern ist, beurtheilt, kann sie wohl nichts anderes

sein als die innere Sehhügelwurzel des *tractus opticus*, verbunden mit dem Antheile des *c. gen. int.* — Die von Meynert (IV, Fig. 245 A) abgebildete Commissur im centralen Höhlengrau kann sie nicht sein, weil diese wegen ihrer tiefen Lage von aussen nicht sichtbar und mit dem Chiasma nicht verschmolzen ist, ferner auch, weil sie bei niederen Säugethieren relativ nicht, wie es nach Gudden's Abbildung der Fall sein müsste, merklich stärker als beim Menschen ist. Da aber in durchsichtigen Quer- und Längsschnitten die Gudden'sche Commissur in keiner Weise irgendwo von dem compacten Tractus-Durchschnitte getrennt erscheint (vgl. Fig. 2, 5, 6, 7), so ist sie nur experimentell von ihm zur Unterscheidung zu bringen. Ihr Verhalten im Chiasma wird von Gudden nicht näher erwähnt. Beim Maulwurfe soll sie, nach Gudden, wegen des atrophischen Sehnerven deutlich hervortreten; ich finde zwar auch, dass der *tractus opticus* von aussen breiter als die *nervi optici* erscheint, im Querschnitte aber ist er sehr dünn, und seine Einstrahlungen in den Thalamus sind nur angedeutet (Fig. 8). Sehr wichtig ist nebenbei, dass das *c. gen. ext.* des Maulwurfes sich in hohem Grade reducirt zeigt (Fig. 8), im Vergleiche mit dem der Maus, des Meerschweines (Fig. 7) und sogar der Fledermaus, während das *c. gen. int:* sogar relativ stärker entwickelt ist, als bei den genannten Thieren (Fig. 9).

Den *Fascio peduncolare trasverso* von Inzani *(tractus transversus pedunculi* von Gudden, I), welcher nach Fortnahme des Auges mit dem vorderen Hügel atrophirt, habe ich, wie Gudden, beim Maulwurfe nicht finden können, wohl aber bei allen anderen untersuchten Säugethieren, auch beim Affen *(Macacus cinomolgus)*. Ich konnte ihn immer nur höchstens vom vorderen Rande des vorderen Zweihügels bis zur unteren Fläche des Hirnschenkelfusses, in die Gegend des Oculomotorius-Austrittes verfolgen.

Gehen wir jetzt zum eigentlichen Thalamus über, so haben wir, was seine Zerlegung in Kerne grauer Substanz betrifft (Kerne, welche übrigens nie von einander scharf abgesondert sind, wie es Luys z. B. annimmt), den vorderen Höcker und den centre médian von der Hauptmasse, welche wohl dem centre moyen von Luys entspricht, zu trennen. Der vordere Höcker (*tuberculum anterius*, oberer Kern von Burdach, *centre*

antérieur von Luys), welcher beim Menschen von Meynert als ein nach hinten und aussen wie das *corpus striatum* sich verlängernder „*nucleus caudatus*" erwiesen worden, ist wohl, wenigstens in seinem vorderen, dickeren Theile, bei den Säugethieren, die ich untersucht habe, durch Markblätter des *stratum zonale* und durch Fasern des aufsteigenden Gewölbschenkels mehr oder weniger abgegrenzt zu erkennen. Er ist auch meistens äusserlich nach vorne durch eine mehr oder weniger deutlich abgegrenzte rundliche Erhabenheit bezeichnet (Mensch, Macacus, Katze, Hund, Pferd, sogar Meerschwein). Dennoch ist diese Abgrenzung bei keinem Säugethiere so scharf als beim Menschen, wo der aufsteigende Gewölbschenkel sich in zwei Blätter spaltet, ein inneres und ein äusseres, um ihn aufzunehmen. Beim Affen (Macacus) sieht man blos das äussere dieser Blätter, indem der ganze Fornixschenkel sich nach aussen vom oberen Kerne zu wenden scheint, um in diesen einzutreten. Schon bei der Katze, besonders aber bei der Fledermaus, dem Meerschweine und dem Maulwurfe sieht man den aufsteigenden Gewölbschenkel sich schon sehr früh (weit unten) mehr oder weniger diffus in verschiedene Blätter theilen, welche je nach dem Schnitte ein, zwei, drei oder noch mehr meist ansehnliche Kerne, dessen oberster dem vorderen Höcker gewöhnlich zu entsprechen scheint, bald anscheinend ziemlich vollkommen, bald unvollkommen abgrenzen. Diese Markblätter verbinden sich auf verschiedene Weise mit der Gürtelschichte und mit Fasern der inneren Kapsel. Zweifellos gehen die genannten Kerne in einander und in die Hauptmasse des Thalamus unabgrenzbar über. Es ist nicht leicht ausführbar, sie eingehender zu verfolgen oder ihren morphologischen Parallelismus mit dem *tuberculum anterius* des Menschen schärfer auszusprechen. In Fig. 5 *tub. ant.* ist der vorderste Theil dieser Bildung beim Meerschweine durch eine etwas dichtere Zellenanhäufung angedeutet. Was den „*centre médian*" betrifft, so hängt seine Existenz, wie es Meynert bewiesen hat, von der der (eigentlichen) *laminae medullares* ab. Beim Menschen und Affen sind beide Bildungen ungemein scharf ausgeprägt (Meynert II, Fig. 3 und Meynert IV, Fig. 248); bei der Katze sind sie schon sehr undeutlich, besonders der *centre médian*, dessen Grenze nur in einigen der Querschnitte von der ganzen Reihe

sichtbar ist (Fig. 2); beim Meerschweine habe ich noch einige sichere *laminae medullares* (Fig. 6) wahrgenommen, aber keinen begrenzten *centre médian*; bei der Maus und dem Maulwurfe konnte ich weder die einen noch den anderen bemerken.

Die typischsten und mit einigen Modificationen constantesten Formationen des Sehhügels der Säugethiere finden wir in seiner Hauptmasse, dem äusseren Kern von Burdach, *centre moyen* von Luys. Es sind dies die aus dem Hemisphärenmarke (Stabkranz) stammenden, quer gegen die sagittale Mittelebene verlaufenden, sich bei den meisten Säugethieren anscheinend allmälig in der Thalamussubstanz an Zahl reducirenden und endlich verlierenden Radiärbündel (Fig. 2 in *Th* etc.), welche beim Menschen und Affen nach innen durch den *centre médian* scharf abgeschnitten erscheinen, und ferner das System der mit ihnen sich kreuzend verlaufenden Haubenbündel (vgl. Fig. 2, 6, 7, 8) und Meynert II, Fig. 3, Meynert IV, Fig. 248). Letztere sind beim Menschen und Affen durch die mehr oder weniger concentrischen *laminae medullares* vertreten und ihr Verhalten ist von Meynert (IV, S. 739) beschrieben worden. Eine Trennung der Hauptmasse des Thalamus hinten in ein oberes und ein unteres Lager ist bei der Katze und beim Meerschweine (Fig. 2 und 6) angedeutet. In Fig. 6 strahlen jedoch die Opticus-Fasern, welche Meynert beim Menschen nur in das untere Lager einzustrahlen scheinen, auch in das obere Lager ein (Meynert IV, Fig. 248).

Ganz besonders müssen wir die äusserste, an die innere Kapsel angrenzende Lage von Thalamussubstanz ins Auge fassen, welche schon von Vieussens, Vicq d'Azyr und Reil bemerkt, dann von Arnold und Meynert als *stratum reticulatum*, Gitterschichte, beschrieben worden ist. Sie ist durch reichliche Quer-, Längs- und Schrägzüge von Markfasern durchsetzt, und erscheint deshalb als ein Netzwerk. Ihr Zustandekommen ist von Luys und Meynert dadurch erklärt, dass die aus den verschiedensten Richtungen kommenden Stabkranzbündel, welche in die Sehhügel einstrahlen, sich untereinander (Meynert) und mit den von oben nach unten verlaufenden Fasern (Luys) unter den verschiedensten Winkeln kreuzen. Diese Gitterschichte (Fig. 2, 6, 7, Gitt) ist aber nach innen ziemlich scharf begrenzt, was wohl

daher kommt, dass alle diese Bündel von hier aus einen regelmässigeren Verlauf annehmen.

Dieser regelmässige Verlauf gestaltet die oben beschriebene Stellung der Radiärbündel zu den *laminae medullares*. Dass die eigentlichen *laminae medullares* und speciell die innerste derselben, die den *centre médian* begrenzt, bei den niederen Säugethieren zu fehlen oder sehr dürftig vorhanden zu sein scheinen (Fig. 2, 6, 8), kann erstens die Ursache haben, dass ihre Zartheit sie in den imbibirten Präparaten nicht hervortreten lässt, und zweitens, dass sie theilweise oder ganz durch mehr zerstreute vom Thalamus zum Orte der Haubenbildung in verschiedenen Richtungen ziehende Bündel ersetzt werden, wie es z. B. beim Maulwurfe besonders den Anschein hat. Vor allem muss aber das Verhalten eines Markblattes berücksichtigt werden, welches unterhalb der Gitterschichte wie eine Fortsetzung ihrer inneren Grenze verläuft. Indem dieses Blatt sich weiterhin an der oberen Grenze der Haube horizontal nach einwärts krümmt, stellt es eine äusserste, unten nach innen verlängerte, und so die anderen *laminae medullares* in sich aufnehmende *lamina medullaris* dar, welche als *lamina medullaris externa* bezeichnet werden kann (Fig. 2 und 6). Diese Formation könnte wohl der irrigerweise für die Fortsetzung der *stria cornea* in der Thalamussubstanz angesehenen *lamina cornea* der älteren Autoren mehr oder weniger entsprechen; sie ist in der Säugethierreihe höchst constant und ist bei einigen niederen Formen die einzige *lamina medullaris*, die sich auffinden lässt.

Beim Menschen scheint sie nur angedeutet zu sein, beim Affen (Macacus) ist sie schon sehr deutlich neben den anderen *laminae medullares* vorhanden; am schärfsten ausgeprägt finde ich sie bei der Katze, der Maus, dem Meerschweine (Fig. 2, 4, 6, 7). Mehr diffus, schlecht abgegrenzt, erschien sie mir bei der Fledermaus und dem Maulwurfe (Fig. 8).

Im sagittalen Längsschnitte und in den sich folgenden Querschnitten zeigt sich ihr unterer horizontaler Theil als der Ausgangspunkt der meisten Haubenfasern, wie es schon in den Fig. 4, 2 und 8 ersichtlich ist, für mich aber durch Vergleichung der Querschnittreihe mit der Längsschnittreihe beim Meerschweine, bei der Katze und bei der Fledermaus noch deutlicher

wurde. Wie die übrigen *laminae medullares* und der *centre médian,* gehört diese *lam. med. ext.* nur dem hinteren Theile des Thalamus an; nach vorne hört sie allmälig auf deutlich zu sein. In den vorderen Partien des Sehhügels ist ihre Stelle durch die, aus den Hemisphären herkommenden und in den Thalamus einstrahlenden Bündel eingenommen. Die *lamina medullaris externa* wird von den Radiärbündeln quer durchbohrt; ob sie aber blos Bündel, welche durch die Thalamuszellen unterbrochen wurden, oder daneben auch solche, welche direct aus der inneren Kapsel stammen, zur Haube führt, vermag ich nicht zu entscheiden. Um ein klares Bild der Verhältnisse, wie sie von den oberen Stufen der Säugethierreihe nach abwärts variiren, zu bekommen, muss man die relative Abnahme der Hemisphärenmasse im Auge behalten, durch welche ihre Markverbindung mit dem Thalamus (innere Kapsel) nicht mehr bis an die hintere Grenze desselben reicht.

Wenn man in den Fig. 1, 2, 6, 7, 8 die Querschnitte durch verschiedene Säugethierhirne ansieht und die Ebene, in welcher sie angelegt sind, berücksichtigt, so bemerkt man z. B., dass in Fig. 2 bei der Katze die innere Kapsel noch in voller Breite vorhanden ist, während in Fig. 8, welche fast genau von der entsprechenden Stelle des Maulwurfes genommen ist, schon eine vollkommene Abschnürung des Sehhügels vom Hemisphärenmarke stattgefunden hat. Das hintere Ende des Linsenkernes setzt sich dann ebenfalls weiter nach hinten als die innere Kapsel fort, und erscheint dabei zwischen dem sich mit seinem markigen Rande nach vorne hindrängenden Ammonshorne und der Convexität des Hirnmantels (Fig. 6 und 8). Es liegt aber auf der Hand, dass dann die Bündel der Hemisphären, um ihre mehr nach hinten gelegenen Bestimmungsorte (wie z. B. die Vierhügel, die hintersten Theile des Thalamus etc.) zu erreichen, nach hinten umbiegen und im Hirnquerschnitte als Querschnitte erscheinen müssen, was auch wirklich der Fall ist (Fig. 6, 7, 8 *Qu.*). Diese Bündel finden in ihrem weiteren Verlaufe ihren Platz zwischen Hirnschenkelfuss und *tractus opticus* einerseits, *lamina medullaris externa* andererseits. Sie nehmen zugleich die Stelle der nach hinten verschwindenden Gitterschichte ein. Sie sind als Fortsetzung der inneren Kapsel zu betrachten. Zugleich ersieht

man, dass der *Thalamus opticus* durch denselben Umstand in den Hirnquerschnitten (Fig. 8) nur scheinbar nach hinten verlängert erscheint, und dass von einem Pulvinar nicht die Rede sein kann. Dieses müsste nämlich weiter nach hinten gelegen sein als die in Fig. 8 gezeichnete Schnittebene. Fig. 2 [Katze], Fig. 8 [Maulwurf] und Fig. 248 von Meynert [Mensch] entsprechen einem und demselben Querschnitte des Thalamus, nämlich der Ebene des Austrittes vom Haubenbündel des *Ganglion habenulae*.

Zugleich wird durch die hintere Verkürzung der inneren Kapsel und durch das Fehlen des Pulvinar das Vorwärtsrücken des *tractus opticus* mit seinem untrennbaren Satelliten, dem *c. gen. ext.* (pag. 6, 7) vollkommen klar, indem er in dieser Weise viel directer und ohne Umbiegung zu seinem Bestimmungsorte, dem vorderen Zweihügel gelangt.

Um das vollendete Bild der Haube hinter dem Thalamus zu bekommen, müssen wir im Kurzen ihre anderen Ursprünge betrachten. Vor Allem scheint der Bindearm in der ganzen Säugethierreihe einen ähnlichen Verlauf zu haben wie beim Menschen, nur ist sein „rother Kern“ gewöhnlich undeutlicher und sind seine Fasern von den übrigen Haubenfasern schwerer zu trennen. Luys, der die obere Olive in der Brücke nicht zu kennen scheint, nennt ihn sonderbarer Weise *„olive supérieure“*. In der Höhe der Haubenbildung sieht man über der Stelle der beim Menschen theilweise aus Pigmentzellen bestehenden Sömmering'schen Substanz, zwischen *lamina medullaris externa* und Hirnschenkelfuss, Fasern verlaufen, welche, dem Stabkranzbündel, das zum Bindearme wird, entsprechend, von der inneren Kapsel oder von den dieselbe vertretenden Querschnitten gegen unten und innen, respective gegen den Anfang der Haube, ziehen (Fig. 2, 6, 7, 8). Solche Fasern habe ich auch bei der Maus und der Fledermaus deutlich gesehen. Beim Maulwurfe sieht man die Haubenquerschnitte sich in zwei Gruppen theilen (Fig. 8 *H*), und es schien mir durch Verfolgung bis zur Kreuzung und zum Kleinhirne, als ob die innere Gruppe dem Bindearme entspräche; die Verhältnisse sind jedoch bei diesem Thiere so verwaschen und so eigenthümlich, dass dies auch nur eine Vermuthung sein kann. Dann kommt das von Meynert beschriebene Haubenbündel des *ganglion habenulae*, das eine ganz constante Erscheinung

ist, und beim Meerschweine sowie bei der Fledermaus eine ungewöhnliche Grösse erreicht. In Längsschnitten vom Meerschweinhirne kann man seine vordersten Fasern direct in das *stratum zonale*, ohne vom *ganglion habenulae* unterbrochen zu werden, übergehen sehen; diese Fasern stammen wahrscheinlich aus dem Thalamus. Je nach den Säugethieren und je nachdem der Schnitt etwas schief nach oben oder nach unten fällt, erscheint er im Hirnquerschnitte als schräger, von vorne oben nach hinten unten ziehender Längsschnitt, oder als ein Querschnitt, der in den einander folgenden Ebenen rasch von oben nach unten sinkt. Letzteres findet bei der Maus und der Fledermaus statt. Dieses Bündel schliesst sich erst dem untersten Theile der Haube an. In Fig. 4 sind nur seine äussersten Fasern, in Fig. 2 und 8 der obere Theil seines Verlaufes sichtbar.

Das *ganglion habenulae* selbst ist bei der Maus, der Fledermaus, dem Meerschweine und dem Maulwurfe gross, in sagittaler Richtung nach vorne verlängert, an der Oberfläche hervorspringend, und durch dicht angehäufte, vom Carmin besonders stark imbibirbare Zellen ausgezeichnet; es wird von den Fasern des Zirbelstieles theils umgeben, theils durchdrungen (Fig. 2, 6, 7, 8). Stieda (II, S. 113), welcher überhaupt die morphologische Bedeutung der Gehirntheile in sehr summarischer Weise behandelt, erkennt das *ganglion habenulae* und den Zirbelstiel bei der Maus gar nicht als solche, sondern beschreibt sie, als ob es Gebilde wären, die der Maus eigenthümlich sind. Die bei den verschiedenen Säugethieren verschieden geformte und verschieden grosse (bei Macacus zipfelförmig, bei den Ungulata mehr eichelförmig und sehr stark entwickelte) Zirbel, sowie die hintere Commissur, scheint sich überall wie beim Menschen zu verhalten. Dass die von Meynert als gekreuzter Thalamusursprung der Haube angesehene hintere Commissur ihre Fasern seitlich nach unten gegen die Haube schickt, ist in Fig. 4 (Meerschwein) und in Fig. 9 (Maulwurf) ersichtlich; ihre Continuität nach hinten mit dem tiefen Marke des vorderen Zweihügels zeigt ebenfalls Fig. 4; diese Verhältnisse sind bei der Maus, der Fledermaus (wo die hintere Commissur auffallend stark ist) und der Katze in gleicher Weise zu beobachten. Bündel, welche aus dem *corpus mamillare* nach hinten gegen die Haube ziehen, schienen mir in Längs-

schnitten des Katzen- und Meerschweinhirnes deutlich sichtbar. Was dagegen das „hintere Längsbündel“ der Haube betrifft, so konnte ich es bei den Säugethieren erst von der Vierhügelregion an nach hinten deutlich verfolgen; in der Thalamusgegend sah ich in mehreren Querschnitten Faseranhäufungen, die demselben zu entsprechen schienen, in den nächsten Querschnitten aber sich wieder auflösten, was vielleicht in der grossen Zartheit der Fasern in dieser Gegend seine Ursache findet. Als Grenze des Thalamus nach hinten gegen die Haube kann man das Haubenbündel des *Ganglion habenulae* oder noch besser die hintere Commissur ansehen, aber dies ist immer eine mehr oder weniger willkürliche Grenze.

Die Einstrahlungen der Hirnrinde (Stirn- und Schläfelappen) in den vorderen Theil des Thalamus scheinen mir bei den Säugethieren nicht in den von Meynert beim Menschen Stiele genannten, scharf gesonderten Markformationen ausgeprägt zu sein (IV, pag. 734 ff.), was wegen der Vereinfachung des Baues der Hemisphären, deren Lappen minder von einander geschieden sind, sehr begreiflich ist. Schon beim Affen ist diese Sonderung viel weniger klar als beim Menschen (vergl. Meynert II, Fig. 12 und Meynert IV, Fig. 245). Wenn man in den Stufen des Säugethierhirnbaues noch weiter hinunter geht, so lässt sich die Hirnschenkelschlinge (*substantia innominata, ansa peduncularis*) von benachbarten Gebilden nicht mehr unterscheiden.

Die verhältnissmässig am deutlichsten in den Längsschnitten gesondert erscheinenden Einstrahlungen sind die des Stirnhirnes (vorderer Stiel) beim Meerschweine (Meynert IV, Fig. 238) und auch bei der Katze und der Fledermaus. Der aufsteigende Gewölbschenkel wird später zur Erörterung kommen. Die Hemisphäreneinstrahlungen in die hinteren Theile des Thalamus haben wir schon gesehen, mit Ausnahme der in das Pulvinar ziehenden, welche aber eigentlich blos beim Menschen und Affen in Betracht kommen und von Meynert (II und IV) genau beschrieben sind. Bei der Katze fallen sie schon mit den anderen Radiärbündeln zusammen.

Um die Verhältnisse des centralen Höhlengraues zu verstehen, muss man sich erstens seine relativ stärkere Entwickelung bei den niederen Säugethieren, und zweitens die Veränderungen

in der Form des dritten Ventrikels vor Augen halten. Letztere sind wieder von ersteren und besonders von der *commissura mollis* abhängig. Diese Commissur der grauen Substanz, die wahrscheinlich mit dem Thalamus nichts zu thun hat, trotzdem man ihr centrales Grau von demselben nirgends scharf abgrenzen kann, entwickelt sich bei den Säugethieren, je mehr man in der Reihe herabsteigt, in einer solchen Weise, dass der dritte Ventrikel auf einen, sie umgebenden ringförmigen Canal reducirt wird, ein Verhältniss, das von Leuret (Pl. IV, Fig. 3, beim Fuchse), von Meynert (IV, Fig. 231, bei der Fledermaus), und von Stieda (I, Fig. 45, bei der Maus) abgebildet wird. Bei der Maus z. B. ist dieser Canal im Querdurchmesser überall ausserordentlich eng; seine obere Abtheilung allein erscheint durch weiteres Auseinandertreten der Zirbelstiele trichterförmig. Im sagittalen Durchschnitte sieht er vorne und hinten ebenfalls sehr eng aus, oben und unten dagegen breiter. Im Ganzen ist er also vorne und hinten eng röhrenförmig, unten spaltenförmig und oben rinnenförmig, wobei die Rinne zuhöchst sich erweitert. Beim Meerschweine und Maulwurfe ist die obere Abtheilung (zwischen *fornix* und *commissura mollis*) breit, aber sehr niedrig; beim Schafe ist die hintere Abtheilung im sagittalen und verticalen Durchmesser breit, nur im queren eng. Die hintere Wand des III. Ventrikels liegt bei der Maus sehr weit nach vorne, und die hinter ihr liegende graue Substanz ist eigentlich, wie Stieda richtig bemerkt, eine Abtheilung des centralen Höhlengraues, welche allmälig von unten vorne nach oben hinten in das den *Aquaeductus Sylvii* umgebende Grau übergeht. Dass diese Abtheilung in das *corpus mamillare* ohne Grenze übergeht, hat aber Stieda nicht erwähnt, da er überhaupt nur das äussere Ansehen des *corpus mamillare* flüchtig berührt. Unter diesem Theile vom centralen Höhlengrau verlängert sich jedoch der dritte Ventrikel blindsackartig etwas nach hinten, so dass dann im Querschnitte zwei Spalten erscheinen, oben der *Aquaeductus Sylvii*, unten der Blindsack des III. Ventrikels. Weiter nach vorne sieht man auch zwei Spalten, die aber beide dem III. Ventrikel angehören (oberhalb und unterhalb der *commissura mollis*). Dazwischen, nämlich unmittelbar vor dem *Aquaeductus Sylvii*, dagegen sieht man in einer Querschnittebene eine einzige von oben bis nach unten reichende Spalte. Hinter der

kleinen blindsackartigen Verlängerung des III. Ventrikels liegt dann bei der Maus das vollkommen unpaare, hinten kugelig abgerundete *corpus mamillare,* welches übrigens sowohl beiderseits als oberhalb des Blindsackes in das centrale Höhlengrau übergeht. Beim Maulwurfe sind hier die Verhältnisse auffallend verschieden, indem die ganze Vierhügelgegend weiter nach hinten rückt, und indem der III. Ventrikel sich unten gar nicht nach hinten verlängert. In dieser Gegend stehen überhaupt beim Maulwurfe die entsprechenden Theile unten mehr nach vorne, und oben mehr nach hinten als bei der Maus; solche Unterschiede zwischen verschiedenen Säugethieren sind häufig und müssen bei Vergleichung der Querschnitte berücksichtigt werden.

Beim Meerschweine ist die hintere Wand des III. Ventrikels unten fast vertical (Übergang zur Maus); beim Schafe dagegen geht sie allmälig von vorne unten nach hinten oben in den *Aquaeductus Sylvii* über.

Das *corpus mamillare* bildet beim Maulwurfe hinten zwei symmetrische, durch die Mittellinie getrennte Halbkugeln, welche aber nach vorne zusammenfliessen. Ein vollkommen ungetheiltes *corpus mamillare* habe ich noch beim Meerschweine, Schafe, Pferde, Schweine gesehen, ein (wie beim Maulwurfe) hinten halbgetheiltes bei dem Löwen und bei der Katze, eine blosse Andeutung dieser Halbtheilung beim Bären.

Die grössere Breite des centralen Höhlengraues bei den niederen Hirnformen der Säugethiere gibt sich dadurch kund, dass die paarigen, in ihm liegenden Gebilde, wie die Gewölbschenkel und der Zirbelstiel, sich von der Mittellinie entfernen. Beim Menschen, beim Affen und bei der Katze liegen z. B. beide Zirbelstiele einander parallel, von hinten bis nach vorne am oberen Rande des III. Ventrikels ganz nahe an der Mittellinie verlaufend. Bei dem Meerschweine, dem Kaninchen, der Maus, der Fledermaus und ganz besonders beim Maulwurfe weichen sie aber vom *Ganglion habenulae* angefangen gegen vorne bedeutend nach aussen ab (Fig. 5) und lassen zwischen sich zwei längliche, mediale, graue Oberflächen wahrnehmen, welche in der Mitte durch eine, der oberen Abtheilung des III. Ventrikels entsprechende, mehr oder weniger tiefe sagittale Rinne von einander getrennt sind. Beim Maulwurfe liegt sogar der Zirbelstiel be-

deutend näher dem oberen äusseren Rande des Thalamus als der Mittellinie. Beim Schafe, Schweine und Pferde ist diese Abweichung auch vorhanden, aber geringer. Dass beide Gewölbschenkel, und sogar die Haubenbündel des *Ganglion habenulae* in den entsprechenden Säugethieren sich dem Gesagten gemäss der Mittellinie nähern oder von ihr entfernen, kann man schon bei Vergleichung der Fig. 2, 5, 6, 7 und 8 wahrnehmen.

Von den im centralen Höhlengrau liegenden Theilen müssen wir vor allem die von Stieda in seiner Arbeit auffallenderweise unerwähnten Gewölbschenkel berücksichtigen. Ihr Verhältniss zum *corpus mamillare* und ihr Verlauf scheinen wie beim Menschen zu sein. Der aus den bei niederen Säugethieren am oberen Rande des Ammonshornes mehr neben der Mittellinie von hinten nach vorne verlaufenden paarigen Längsfaserbündeln (Projectionsfasern des Ammonshornes, Fig. 5, 6, 7 und 8 *forn. long.*) direct herkommende absteigende Gewölbschenkel[1] (*columna anterior*) biegt sich, an dem hinteren Ende des *septum pellucidum* angelangt, nach unten, um sich am vorderen Ende des Zirbelstieles ins centrale Höhlengrau dicht hinter die vordere Commissur einzusenken und dann seinen weiteren Verlauf nach hinten und unten gegen das *corpus mamillare* zu nehmen. In diesem Verlaufe verbindet sich der absteigende Gewölbschenkel spitzwinkelig mit den Fasern des Zirbelstieles (*stratum zonale*), welche direct nach vorne und unten umbiegen (Fig. 5 rechts, und Fig. 4), eine schon von Meckel, Arnold, Inzani, Jung und Luys ohne Basirung auf mikroskopische Untersuchung behauptete Thatsache, die ich auf Grund von mehreren dieses Verhältniss auf das deutlichste versinnlichenden Querschnitten (von der Katze, dem Meerschweine, der Fledermaus, dem Maulwurfe, dem Affen) und Längsschnitten (von der Fledermaus und dem Meerschweine) als bestimmt annehmen darf. Überall ist der absteigende Gewölbschenkel ein compactes, sehr leicht verfolgbares,

---

[1] Da Meynert in seiner Darstellung der Hirnfaserung von der Hirnrinde und nicht wie die anderen Autoren vom Rückenmarke ausgeht, so bezeichnet er als absteigenden Gewölbschenkel denjenigen, welchen die anderen (Burdach, Arnold etc.) aufsteigenden nennen, und umgekehrt. Ich folge hier den Bezeichnungen von Meynert.

meist aus mehreren secundären Fascikeln zusammengesetztes Bündel von markhaltigen Nervenfasern; bei allen Säugethieren ist er im Hirnquerschnitte als schöner runder Querschnitt sichtbar (Fig. 4, 5, 6, 7 *fd.*); auffallend grell und scharf hervorstechend ist er bei *Hypsiprimnus*. Wenn er am *corpus mamillare* ankommt, so weicht er nach aussen dem aufsteigenden Schenkel aus, und plattet sich an einer bei niederen Säugethieren nicht abgrenzbaren, jedoch wohl der oberen (beim Maulwurfe, wie es scheint, mehr der äusseren) Fläche des *corpus mamillare* entsprechenden Stelle ab (Fig. 2 und 8), um dieses Ganglion wahrscheinlich in ähnlicher Weise wie beim Menschen zu umgürten, was ich an Längsschnitten (Katze, Meerschwein) zu sehen glaubte. Aus der Innenfläche des *corpus mamillare* (bei niederen Säugethieren, wie es scheint, aus seiner medianen Masse, Fig. 8 *fa*) entspringt der anfangs ebenfalls ziemlich compacte, aber aus feineren im Querschnitte gleichmässig vertheilten Nervenfasern bestehende, aufsteigende Gewölbschenkel, welcher nächst seinem Ursprung aus dem *corpus mamillare* nach innen vom absteigenden sich befindet, bald aber, steiler nach oben laufend, gerade über demselben zu liegen kommt, so dass beide genau durch die gleiche Sagittalebene geschnitten werden (vergl. Fig. 8 *fa* mit Fig. 4, 6 und 7 *fa*). Diese Verhältnisse konnte ich bei allen mit Hilfe durchsichtiger Schnitte untersuchten Gehirnen (Affe, Katze, Meerschwein, Maus, Maulwurf, Fledermaus, Känguruhratte) leicht überblicken. Nach oben und vorne verlaufend, erreicht der aufsteigende Fornixschenkel das *tuberculum anterius thalami*, in welchem er sich in der schon besprochenen Weise vertheilt. Bei der Maus und der Fledermaus sieht man in gewissen Querschnitten aus der Gegend des vorderen Vierhügelendes drei in derselben Sagittalebene über einander liegende rundliche Bündelquerschnitte, von welchen der untere dem absteigenden Gewölbschenkel, der mittlere dem aufsteigenden Gewölbschenkel und der obere dem Haubenbündel des *ganglion habenulae* entspricht. Bei den niederen Säugethieren sind die Gewölbschenkel relativ grösser als bei den höheren, und scheinen mit der Entwickelung des Ammonshornes Schritt zu halten. Wie schon längst bekannt, wird bei ersteren das Ammonshorn ganz ausserordentlich überwiegend, und reicht als Duplicatur des Hirnmantels von hinten

bis sehr weit nach vorne, wo es beim Maulwurfe, Meerschweine und dergl. mit der grauen (Rinden-) Substanz des ebenfalls ungemein mächtigen *septum pellucidum* in unmittelbarer Continuität steht. Dabei fliessen die Ammonshörner von rechts und links in der Mittellinie zusammen (Fig. 7) und sind in ihrem vorderen Theile blos unten, weiter hinten aber auch oben durch eine starke, schief oder fast quer über die Mittellinie verlaufende Faserung, eine Commissur, verbunden. Diese schon von Owen (Transact. Philosoph. 1837) richtig gedeuteten, in beistehenden Figuren mit *forn. tr.* bezeichneten Fasern entsprechen der schwachen *Lyra fornicis* des Menschen, werden zum Fornix gerechnet, sind aber, wenigstens grösstentheils, nichts anderes als eine Commissur für die Ammonshörner, wie der Balken für die übrige Hirnrinde. Das Verhältniss ihrer Entwickelung zu dem der Entwickelung des Balkens entspricht auch in der Säugethierreihe dem Verhältnisse der Grösse des Ammonshornes zur Grösse der übrigen Hirnrinde. Sie sind also wohl von den in den absteigenden Gewölbschenkel übergehenden, schon beschriebenen Projectionsfasern des Ammonshornes in den Thalamus (in Fig. *forn. long.*) zu unterscheiden. In Fig. 5 ist die Stelle des Überganges zwischen *septum pellucidum* und Ammonshorn abgebildet, und diese sogenannten Querfasern des Gewölbes sind darin wie die Längsfasern sichtbar; in etwas weiter nach vorne gelegenen Querschnitten sieht man, wie dieses Übergangsgebilde (welches einem *corp. forn.* mit Beimengung von grauer Substanz entspricht) von den nach oben liegenden und nach unten strebenden Längsfasern durchbrochen wird (Übergang derselben zum absteigenden Schenkel). Bei den höheren Säugethieren, sogar schon bei der Katze, fehlt das Übergangsgrau zwischen Ammonshorn und *septum*, so dass die Längsfasern und die inneren mehr oder weniger schief verlaufenden Commissurfasern des Fornix an einander liegen und schwer zu unterscheiden sind (Fig. 2 *forn.*). Als eigenthümliche Fortsetzung dieser Commissurfasern (wenigstens sicher mit ihnen und viel zweifelhafter, auch direct, wie Stieda (I) annimmt, mit dem absteigenden Schenkel in Continuität stehend) ist jener Markrand des Ammonshornes anzusehen, welcher, dem äusseren Rande des Fornix der höheren Säugethiere entsprechend, sich tief in die

Rinne zwischen der Oberfläche des Thalamus und der des *corpus striatum* einsenkt (Fig. 7 links, *forn. tr.*).

Das Verhalten des Zirbelstieles bei den Säugethieren haben wir schon erwähnt; bei allen den von mir untersuchten Arten war er scharf unterschieden und gut entwickelt; seine Verbindungen mit dem absteigenden Gewölbschenkel und mit der Hirnschenkelschlinge (letztere sah ich deutlich bei dem Affen, der Katze und dem Maulwurfe) sind ebenfalls schon besprochen worden; übrigens hängt er vielfach mit der übrigen Gürtelschichte zusammen.

Die von Meynert abgebildete und beschriebene Commissur im centralen Höhlengrau des III. Ventrikels, oberhalb des *tractus opticus*, etwas hinter dem Chiasma (IV, Fig. 245), habe ich bei dem Affen, der Katze und dem Meerschweine in gleicher Weise wie beim Menschen und relativ nicht stärker entwickelt, deutlich sehen können. Beim Maulwurfe, wo ich dieselbe nicht, oder wenigstens nicht sicher beobachten konnte (was von der Kleinheit des Thieres und von der Feinheit der Fasern abhängen mag), fand ich dagegen einen ganz eigenthümlichen Faserzug, welcher weiter nach hinten liegt, und quer über die Mittellinie, dicht unterhalb der unteren Abtheilung des III. Ventrikels, zwischen jener und dem vorderen Theile des *corpus mamillare*, verläuft (Fig. 8, Y). Die Fasern dieses ziemlich mächtigen Bündels laufen nicht einander parallel, sondern kreuzen sich, wenigstens die meisten derselben, spitzwinkelig gegen die Mittellinie; es schien mir auch, als ob ich die untersten derselben seitlich gegen den Querschnitt des absteigenden Gewölbschenkels und gegen den unteren Theil des Hirnschenkelfusses nach unten hätte umbiegen sehen; ich kann jedoch gar nichts über ihren Weiterverlauf sagen. — Eine Andeutung von solchen Fasern glaubte ich an derselben Stelle auch bei der Maus zu bemerken.

Das basale Opticusganglion (Arnold, Luys, Wagner, Meynert) habe ich bei dem Affen, der Katze, dem Meerschweine und der Fledermaus in der gleichen Form und in der gleichen relativen Ausdehnung als beim Menschen gesehen. Ferner befindet sich dicht am oberen Rande der unteren Abtheilung des III. Ventrikels, in einer etwas hinter dem Chiasma liegenden Querschnittsebene, bei dem Meerschweine, der Maus und der

Fledermaus eine paarige rundliche Zellenanhäufung, die den *„Petits centres de la substance grise centrale du 3me ventricule“* von Luys (in Pl. XIII, Fig. 1, 9 und 9¹ abgebildet) entsprechen könnte. In Fig. 6 ist auch im oberen Theile der *commissura mollis* ein Zellenkern angedeutet (ohne Bezeichnung), an welchem ich aber keinen constanten Charakter fand. Ich habe vom Grau des *Tuber cinereum*, sowie von der in der Säugethierreihe sehr constanten *Hypophysis cerebri* weiter nichts zu erwähnen (s. übrigens für letztere Stieda I und II).

Da die Form- und Volumveränderungen der Organe in der Säugethierreihe immer trotz der zahlreichen Fehlerquellen am richtigsten durch Messungen wiedergegeben werden, so habe ich solche auch gemacht. Dazu habe ich immer Weingeistpräparate benützt, welche grösstentheils durch die Gefälligkeit des Herrn Professor Meynert mir zur Verfügung standen. Nur vom Bären war blos ein (durch eine eigene Methode von Professor Meynert) getrocknetes Stammhirn vorhanden, welches ich dennoch auch dazu benützte, weil die Verhältnisse seiner einzelnen Bestandtheile sehr schön erhalten waren.

Die Grundzüge der äusseren Form des Sehhügels, die Modification derselben durch das Auftreten eines Pulvinar haben wir schon gesehen. Wir haben in dieser Hinsicht vier Gruppen in den untersuchten Säugethieren zu unterscheiden:

1. Säugethiere mit einem langen Pulvinar (Mensch, Affe).
2. Säugethiere mit einem kurzen Pulvinar (Katze, wohl auch Hund und Seehund).
3. Grosse Säugethiere (Ungulata) ohne oder fast ohne Pulvinar (Schaf, Schwein, Pferd).
4. Kleine Säugethiere ohne Pulvinar (Meerschwein, Kaninchen, Maus, Maulwurf).

Dass es Übergänge geben muss und gibt, ist selbstverständlich, z. B. steht wahrscheinlich der Bär zwischen 2 und 3. Leider kann man die Länge der äusseren (lateralen) Wand des Thalamus bei den Säugethieren, welche ein oberständiges *corpus geniculatum externum* haben, nicht ohne dieses messen, weil die genannte Wand von ihm nach hinten bedeckt ist. Man kann also die Länge der inneren Wand (welche der Länge der Seitenwand des III. Ventrikels ziemlich gleich kommt) nur mit einer vom vor-

deren Ende des Thalamus bis zum vorderen Ende des *corpus geniculatum externum* nach aussen reichenden Linie, und mit der grössten Gesammtlänge des Thalamus *plus corpus geniculatum externum* vergleichen. Die Breite des hinteren Endes des Thalamus ist blos an durchsichtigen Querschnitten genau messbar. Am ganzen Stammhirne kann man nur bei der Ansicht von oben her einen annähernden Begriff von dieser Breite bekommen, wenn man senkrecht zur sagittalen Mittelebene eine Linie, von der Mitte der hinteren Commissur bis zu der Rinne zwischen Thalamus (oder *c. gen. ext.*) und Schweif des Streifenhügels zieht. Da aber die äussere Wand des Thalamus nicht senkrecht, sondern nach aussen convex ist, so ist diese Linie, die am unversehrten Stamme nur an der oberen Fläche gemessen werden kann, immer zu kurz (wie man durch Vergleich mit den an durchsichtigen Abschnitten gewonnenen Zahlen ersehen kann). So hätten wir die Hauptdimensionen des Thalamus mit Ausnahme der Höhe gewonnen. Letztere, sowie die Breite, habe ich auch da, wo es möglich war, an durchsichtigen Querschnitten gemessen (nämlich die grösste Höhe und die grösste Breite), indem ich für die Breite das centrale Höhlengrau des III. Ventrikels mit zum Thalamus rechnete und für die Höhe die *lamina medullaris externa* als untere Grenze benützte. Die Gehirne der verschiedenen Säugethiere sind unter einander in der Form so unähnlich, und die Verhältnisse sind in der Gegend der Stammganglien so complicirt, dass im Allgemeinen eine Vergleichung dieser verschiedenen Dimensionen in Procentzahlen zu keinen befriedigenden Resultaten führen kann. Ich habe zum Beispiel versucht, die Länge des Vierhügels mit der des Thalamus und des Streifenhügelkopfes in der Mittellinie in dieser Weise zu vergleichen. Man kommt aber dabei, um nur ein Beispiel zu geben, zu dem Resultate, dass der Maulwurf eine grössere Procentzahl für die Vierhügel als der Mensch und die meisten anderen Säugethiere hat, was einen ganz falschen Begriff von der Wirklichkeit gibt, indem der Vierhügel des Maulwurfes, zwar ziemlich lang, aber ausserordentlich flach (d. h. dünn) ist. Der einfache Vergleich der directen Zahlen hat wenigstens den Vortheil, dass er nicht so leicht verführen kann, zu indirecte Schlüsse zu ziehen. In der folgenden Tabelle sind Mittelzahlen nur angegeben bei denjenigen Säugethieren, wo das

Material mir erlaubte, an verschiedenen Individuen zu messen, bei den meisten konnte ich übrigens sowohl rechts als links messen. Die Zahlen sind in Millimetern angegeben.

	Säugethiere	1	2	3	4	5	6	7	8	9
		Länge des Thalamus in sagittaler Richtung, von der *columna anterior fornicis* bis zum vorderen Ende des Vierhügels	Länge des äusseren Randes des Thalam. v. d. *columna anterior fornicis* bis zum vord. Ende des *corpus geniculatum externum*	Grösste Länge des Thalamus *plus corpus geniculatum externum*, von der *columna anterior fornicis* bis zum hinteren äusseren Ende	Distanz von der hint. Commissur bis zu der Rinne zwisch. Thal. u. Schweif des Streifenhügels, senkr. zur sagittal. Mittelebene	Grösste Länge des *corpus geniculatum externum*	Breite des *corpus geniculatum externum*	Grösste Länge des *corpus geniculatum internum*	Breite des *corpus geniculatum internum*	Länge des Vierhügels in der Mittellinie
1	Mensch . . .	21	34	gleich wie 2 weg. der Bedeckung des *c. gen. ext.* durch das Pulvin.	19·2	9	5	9	3·5	13·5
	Macacus. . .	11	17		8·5	5·25	2	6·5	3·25	7
2	Katze.	7·25	10·5	12·5	8·5	5	2·5	5·5	4·25	8
	Klein. Hund	10·25	14	17	11·5	8·5	5·5	8·5	4·75	7·25
	Phoca	16·5	20·5	28·5	20	11	7·5	12	7	9·5
	Bär	16·5	?	27	20(?)	?	?	11	5·5	10
3	Pferd	25	27	32	23·5	15	12	13	8·25	19
	Schwein . .	4	14	20(?)	14·5	10(?)	7	8·5	5	10·5
	Schaf	16	16	9·5	15	10	6·5	8·75	5	12
4	Kaninchen .	5·5	5·5	7·5	6·5	4·5	3	3·5	2·75	7·25
	Meerschwein	5·5	5	6	5	3·5	2	3	2·2	5·5
	Maus	2·1	1·9	3	2·25	1·75	0·75	1·2	0·8	2·6
	Maulwurf . .	3·5	?	4·5	3·5	?	?	2	1·25	3

Zu diesen Zahlen können wir die grösste Breite des Pulvinar beim Menschen (13·7 Mm.) und beim Macacus (4 Mm.) hinzufügen. Aus der vorliegenden Tabelle ist erstens das Überwiegen der Zahlen der Reihen 2 und 3 gegen die Zahlen der Reihe 1 bei den höheren Säugethieren hervorzuheben, während bei den niederen Säugethieren die erste Reihe von der dritten nur wenig übertroffen wird und die zweite sogar übertrifft. Das alles ent-

spricht den besprochenen Verhältnissen des Pulvinar und des *c. gen. ext.* Die Zahlen der Reihe 4 sind im Ganzen denjenigen der Reihe 1 ziemlich ähnlich, also ist die Breite hinten ungefähr gleich der Länge in sagittaler Richtung; bei der ersten und dritten Säugethiergruppe ist die Länge, bei der zweiten und vierten die Breite etwas bevorzugt. In den Zahlen der Reihen 5, 6, 7 und 8 sieht man, wie beide Kniehöcker im Verhältnisse zum Thalamus bei den drei letzten Säugethiergruppen grösser sind als bei der ersten. Das Überwiegen des *c. gen. int.* gegen das *c. gen. ext.* in der zweiten Gruppe (Raubthiere) ist um so bemerkenswerther, da ihre in diesen Zahlen nicht berücksichtigte Höhe die beiden anderen Dimensionen noch übertrifft. Der Vierhügel ist in der zweiten und dritten Gruppe relativ zu niedrig geschätzt, weil der hintere Zweihügel sich bei diesen Thieren beiderseits bedeutend nach hinten verlängert, so dass die der Mittellinie entnommene Zahl zu klein wird. In der vierten Gruppe ist bemerkenswertherweise der Vierhügel länger als der Sehhügel; nur beim Maulwurfe ist er etwas kürzer. Da beim Maulwurfe das *c. gen. ext.* aussen nicht abgegrenzt erscheint, so konnten bei ihm die Reihen 2, 5 und 6 nicht berücksichtigt werden.

Folgende Tabelle gibt die Resultate von den Messungen an durchsichtigen Querschnitten:

Säugethiere	A	B	C	D	E	F
	Grösste Breite des Thalamus sammt dem centralen Höhlengrau und der Gitterschichte von der inneren Kapsel bis zur Mittellinie in der *Commissura mollis* (im Querschnitte)	Grösste Höhe des Thalamus von der oberen Fläche bis zur *lamina medullaris externa* (Haube ausgeschlossen) im Querschnitte	Grösste Dicke des *corpus geniculatum externum* (im Querschnitte)	Grösste Länge des *corpus geniculatum externum* (im Querschnitte)	Grösste Dicke des *corpus geniculatum internum* (im Querschnitte)	Grösste Länge des *corpus geniculatum internum* (im Querschnitte)
Macacus . .	9·5	8	3·5	7·75	2·33	4
Katze . . .	9·25	8·5	2·75	5	.	.
Meerschwein .	5	3·2	1	3·25	.	.
Maus	2·25	2	0·5	1·75	0·75	1
Maulwurf . .	3	2·75	0·25	1·25	1·5	2

Da die Kniehöcker im Hirnquerschnitte nicht immer in ihrem längsten Durchmesser getroffen werden, so kann ihre in dieser Tabelle angegebene Länge nur gleich oder kleiner sein, als die in der ersten Tabelle angegebene. Ihr Dickendurchmesser (zwischen Ventrikel-Oberfläche und dem Thalamus oder der Haube) kommt nur in dieser zweiten Tabelle vor. Dass Höhe und Breite des Thalamus bei der Katze und dem Macacus fast gleich sind, hat schon Meynert (III) gezeigt. Am interessantesten ist der Vergleich der Kniehöcker bei der Maus und dem Maulwurfe. Bei der Maus ist die Dicke des *c. gen. ext.* zu der des *c. gen. int.* wie 2 zu 3, beim Maulwurfe wie 1 zu 6. Die Dicke des *c. gen. ext.* bei der Maus ist zur Dicke desselben beim Maulwurfe wie 2 (Maus) zu 1 (Maulwurf), während für das *c. gen. int.* das Verhältniss gerade umgekehrt ist, nämlich 1 (Maus) zu 2 (Maulwurf). Wenn man dabei bedenkt, dass die verschiedenen Durchmesser des Gehirnes von der Maus sich im Grossen und Ganzen zu denjenigen des Gehirnes vom Maulwurfe ungefähr wie 2 zu 3 verhalten, so erscheint die relative Verkümmerung des *c. gen. ext.* beim Maulwurfe eine ganz enorme, während das *c. gen. int.* sogar relativ dicker und länger bleibt als bei der Maus. Diese Thatsache spricht entschieden zu Gunsten der Beziehungen des *c. gen. ext.* zu dem Sehorgane, welches beim Maulwurfe fast bis zum Verschwinden verkümmert ist.

Was die Ansicht von Foville (Foville et Pinel Grandchamp, Recherches sur le siége spéc. de diff. fonct. du syst. nerv. Paris 1820), Schiff (De vi motoria S. 14) und Anderen betrifft, welche von Longet bestritten wird, und welche den Sehhügel als physiologisch speciell auf die vorderen Extremitäten einen Einfluss übend erkennt, so können beistehende vergleichend-anatomische Messungen weder dafür, noch eigentlich dagegen sprechen. — Deutlich ausgesprochene Unterschiede in den Grössen und Formenverhältnissen, je nachdem die vorderen oder die hinteren Extremitäten stärker entwickelt sind, wie sie Meynert (I) in den Querschnittfeldern der Haube bei verschiedenen Säugethieren fand, können hier aus dem Thalamus nicht erhellen, umsomehr, da mir Präparate von Säugethieren mit grossen hinteren Extremitäten (Känguruh, Springmaus, Hypsiprimnus) für diesen Gehirntheil fehlten. Der Umstand z. B., dass

der mit so starken Vorderbeinen versehene Maulwurf einen relativ zum Vierhügel grösseren Sehhügel als die Maus besitzt, erklärt sich hinlänglich durch die Verkümmerung seines Sehapparates (welche wie Gudden nachgewiesen hat, mit Atrophie des vorderen Zweihügels einhergeht). Die Höhe und die Breite des Sehhügels beim Maulwurfe stehen nämlich zu denselben bei der Maus ungefähr im gleichen Verhältnisse, wie die anderen Dimensionen des Maulwurfgehirnes zu den des Mausgehirnes, soweit ein solcher Vergleich möglich ist.

Schliesslich fühle ich mich verpflichtet, Herrn Professor Meynert für seinen stätigen gefälligen Beistand, sowie für das so freigebig mir überlassene reichhaltige Material meinen wärmsten Dank auszusprechen.

Wien, im Mai 1872.

Verzeichniss der angeführten literarischen Quellen.

Arnold F. Handbuch der Anatomie des Menschen. Freiberg 1852, II. Band.

Burdach R. F. Vom Baue und Leben des Gehirnes. Leipzig 1822. II. Band.

Gudden.

I. Über einen bishet nicht beschriebenen Nervenfaserstrang im Gehirne des Menschen und der Säugethiere. Archiv für Psychiatrie. Berlin 1870, II. Band, 2. Heft.

II. Experimental-Untersuchungen über das perifere und centrale Nervensystem. Archiv für Psychiatrie, II. Band, 3. Heft.

Inzani G. e A. Lemoigne. Sulle origini e sull' andamento di varii fasci nervosi del cervello. Parma 1861.

Jung. Über das Gewölbe im menschlichen Gehirne. Basel 1845.

Leuret et Gratiolet. Anatomie comparée du système nerveux. Paris 1839—1857.

Longet. Anatomie et physiologie du système nerveux de l'homme et des animaux.

Luys. Recherches sur le système nerveux cérébro-spinal. Paris 1865.

Meckel. Handbuch der menschlichen Anatomie. Halle 1817.

Meynert.

I. Studien über die Bestandtheile des Vierhügels etc. Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie, XVII. Band.

II. Beiträge zur Kenntniss der centralen Projection der Sinnesoberflächen. Sitz. Ber. der k. k. Akad. der Wissenschaften. Wien 1869.

III. Studien über die Bedeutung des zweifachen Rückenmarkursprunges aus dem Grosshirn. Sitz. Ber. der k. k. Akad. der Wissensch. Wien 1869.

IV. Vom Gehirne der Säugethiere, im Handbuche der Lehre von den Geweben, herausgegeben von S. Stricker. IV. Lieferung. Leipzig 1870.

Stieda L.

I. Studien über das centrale Nervensystem der Vögel und Säugethiere. Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie. XIX. Band, 1868.

II. Studien über das centrale Nervensystem der Wirbelthiere. Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie, XX. Band, 1870.

Vicq d'Azyr. Traité d'anatomie et de physiologie du cerveau. Paris 1786.

Wagner J. Über den Ursprung der Sehnervenfasern im menschlichen Gehirne. Dorpat 1862.

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1. Durchsichtiger Querabschnitt eines Affengehirnes (*Macacus cinomolgus*), dreimal vergrössert.

Ah, Ammonshorn. *Fimb*, *Fimbria*. *C. Stri*, *Corpus striatum* (Schweif). *SC*, *Stria cornea*. *CG ext*, *Corpus geniculatum externum*, (hinteres Ende). *TO*, Fasern des *tractus opticus*, die unterhalb des Pulvinar verlaufend sich dem Arme des vorderen Zweihügels anschliessen. *JK*, innere Kapsel. *B Qdg ant*, Arm des vorderen Zweihügels. *Pulv*, Pulvinar. *M*, Hemisphärenmark. *R*, Hirnrinde *B*, Übergang des Balkensplenium ins Hemisphärenmark. *forn*, *Fornix*. *Qdg ant*, vorderer Zweihügel. *CHG*, centrales Höhlengrau um den *Aquaeductus Sylvii*. *CG int*, *Corpus geniculatum internum*. *MF*, motorisches Querschnittfeld der Haube. *RK*, rother Kern der Haube (schwach angedeutet). *III*, *Oculomotorius*-Wurzel. *III'*. *Nervus oculomotorius*. *Pes*, Hirnschenkelfuss.

Fig. 2. Durchsichtiger Querabschnitt eines Katzengehirnes, dreimal vergrössert.

Ah, Ammonshorn. *Pes*, Hirnschenkelfuss. *TO*, *Tractus opticus*. *Li*, Linsenkern. *AK*, äussere Kapsel. *Cl*, Vormauer. *JK*, innere Kapsel. *X*, eine breitere Stelle der Gitterschichte, welche das vordere Ende des *corp. gen. ext.* begränzt. In den weiter nach hinten gelegenen Querschnitten erscheint an dieser Stelle der rundliche Durchschnitt des vorderen (unteren) Theiles des *corp. gen. ext.* *Gitt*, Gitterschichte des Sehhügels. *C Stri*, *Corpus striatum*. *R*, Hirnrinde. *M*, Hemisphärenmark. *forn*, *Fornix*. *B*, Balken. *Th*, *Thalamus*. *G hab*, *Ganglion habenulae*. *Hbd*, Haubenbündel des *Ganglion habenulae*. *Centr*, Andeutung des „*centre médian*“ von Luys. *Lam med*, *Laminae medullares*. *H*, Bildung der Haube. *f d*, absteigender Gewölbschenkel. *Mam*, *Corpus mamillare*. *L M ext*, *Lamina medullaris externa*.

Fig. 3. Durchsichtiger sagittaler Längsabschnitt des Gehirnes einer neugebornen Katze, dreimal vergrössert.

Ah, Ammonshorn. *C G int*, *Corpus geniculatum internum*. *C G ext*, *Corpus geniculatum externum*. *TO Qdg ant*, Fasern des *tractus opticus*, die an der Oberfläche des *Corp. gen. ext.* zu dem oberen

Zweihügel hinziehen. *Th,* hinteres äusseres Ende des *Thalamus opticus,* dem Pulvinar entsprechend. *forn, Fornix. St,* Stabkranz. *R,* Hirnrinde. *C Stri, Corpus striatum. J K,* innere Kapsel. *Li,* Linsenkern. *TO, Tractus opticus. Amg,* Mandelkern. *F,* Stirnhirn. *O,* Hinterhauptshirn. *S,* Schläfehirn.

Fig. 4. Durchsichtiger sagittaler Längsabschnitt des Gehirnes eines Meerschweines, vier Mal vergrössert.

Th, Thalamus opticus. Z. Zirbelstiel (*stratum zonale*). *fd,* absteigender Gewölbschenkel. *fa,* aufsteigender Gewölbschenkel. *Hbd,* äusserste Fasern vom Haubenbündel des *Ganglion habenulae. Pes,* Hirnschenkelfuss. *Pons, Pons Varolii. Corp trap, Corpus trapezoïdes. Pyr,* Pyramide. *Ol,* untere Olive. *Pyr Kr, Decussatio pyramidum. V. Str,* Vorderstrang des Rückenmarkes. *H Str,* Hinterstrang. *Fac,* Facialisknie. *H.* Haube. *S. ferr,* Zellen der *substantia ferruginea* und die aus ihr heraustretenden Fasern. *IV,* Wurzel des *N. trochlearis. Qdg post,* hinterer Zweihügel. *Qdg M ext,* oberflächliches Mark des hinteren Zweihügels. *Qdg M,* tiefes Vierhügelmark, das nach vorne in die hintere Commissur übergeht. *Qdg ant,* vorderer Zweihügel. *TO Qdg ant,* Fasern des *tractus opticus* und ihre Einstrahlung in den vorderen Zweihügel. *LM ext, Lamina medullaris externa. C. p.,* seitliche Fasern der hinteren Commissur, welche in die Haube übergehen.

Fig. 5. Durchsichtiger Querabschnitt eines Meerschweingehirnes, viermal vergrössert. — Der Schnitt ist schief von rechts nach links, so dass die linke Hälfte etwas weiter nach hinten liegt als die rechte.

RL, Mark der äusseren Riechwindung. *C Stri, Corpus striatum. Pl Ch, Plexus chorioideus. SP Ah,* graue Substanz des *septum pellucidum* in die des Ammonshornes übergehend. *forn long,* Längsfasern des Gewölbes (Fortsetzung des absteigenden Schenkels ins Ammonshorn). *forn tr,* Querfasern des Gewölbes (Ammonshorncommissur). *B,* Balken. *R,* Hirnrinde. *M,* Hemisphärenmark. *Z,* Zirbelstiel. *Li,* Linsenkern. *AK,* äussere Kapsel. *JK,* innere Kapsel. *BOG, basales Opticus Ganglion fa,* aufsteigender Gewölbschenkel (?). *fd,* absteigender Gewölbschenkel. *tub ant, Tuberculum anterius* des *Thalamus. TO, Chiasma nervorum opticorum. Zf,* Verbindung des Zirbelstieles mit dem absteigenden Gewölbschenkel. *V, III* Ventrikel. *H Schl,* Gegend der Hirnschenkelschlinge.

Fig. 6. Durchsichtiger Querabschnitt des Gehirnes eines Meerschweines; fünfmal vergrössert.

Ah, Ammonshorn. *forn long,* Längsfasern des *fornix. B,* Balken. *R,* Hirnrinde. *M,* Hemisphärenmark. *CG ext, Corpus geniculatum externum. forn tr,* Querfasern des *fornix. Ah M,* Mark des Ammonshornes. *TO Th,* Einstrahlungen des *tractus opticus* in den *Thalamus* (innere Sehhügelwurzel des Sehstreifens von Mey-

nert). *Qu*, Bündelquerschnitte, die die Fortsetzung der inneren Kapsel nach hinten sind. *TO*, *Tractus opticus*. *Pes*, Hirnschenkelfuss. *Lam med*, eine *lamina medullaris*. *fd*, absteigender Gewölbschenkel. *fa*, aufsteigender Gewölbschenkel. *H*, Bildung der Haube. *V*, *III* Ventrikel. *Th I*, unteres Lager des *Thalamus*. *Th. S*, oberes Lager des *Thalamus*. *C m*, *Commissura mollis*. *G hab*, *Ganglion habenulae*. *LM ext*, *Lamina medullaris externa*. *Gitt*, Gitterschichte. *Li*, *(C. Stri)*, hinteres Ende des Linsenkernes mit dem des *Corp. striatum* verschmolzen (s. Fig. 8).

Fig. 7. Durchsichtiger Querabschnitt des Gehirnes eines Meerschweines viermal vergrössert. Der Schnitt ist schief von rechts nach links; die rechte Hälfte liegt bedeutend mehr nach hinten als die linke.

Ah, Ammonshorn. *R*, Hirnrinde. *M*, Hemisphärenmark. *B*, Balken. *Th*, *Thalamus opticus*. *CG ext*, *Corpus geniculatum externum*. *TO*, *Tractus opticus*. *Pes*, Hirnschenkelfuss. *fd*, absteigender Gewölbschenkel. *fa*, aufsteigender Gewölbschenkel. *H*, Bildung der Haube. *Cm*, *Commissura mollis*. *V*, *Ventriculus tertius*. *G hab*, *Ganglion habenulae*, *forn. tr*, Querfasern des *fornix* (Ammonshornmark). *forn long*, Längsfasern des *fornix*, welche nach vorne sich als absteigender Schenkel fortsetzen. *Li*, Linsenkern. *C Stri*, *Corpus striatum (nucleus caudatus)*. *JK*, innere Kapsel. *AK*, äussere Kapsel. *Qu*, Querschnitte von Bündeln, die die Fortsetzung der inneren Kapsel nach hinten sind. *LM ext*, *Lamina medullaris externa*. *Gitt*, Gitterschichte.

Fig. 8. Durchsichtiger Querabschnitt eines Maulwurfhirnes, fünfmal vergrössert.

Th. Thalamus opticus. *Ah*, Ammonshorn. *Li (C. Stri)*, hinteres Ende des Linsenkernes mit dem des *Corp. striatum* verschmolzen. Dieser Theil setzt sich nach hinten zwischen Ammonshorn und Hemisphärenmark etwas fort, so dass seine Fasern, um in den *pedunculus* zu gelangen, nach vorne umbiegen müssen. *forn tr*, *(Ah M)*, Querfasern des *fornix* (Ammonshornmark). *G hab*, *Ganglion habenulae*. *Zirb*, Zirbeldrüse. *B*, Balken. *forn long*, Längsfasern des *fornix*. *Hbd*, Haubenbündel des *Ganglion habenulae*. *M*, Hemisphärenmark. *R*, Hirnrinde. *Qu*, Bündelquerschnitte, die die Fortsetzung der inneren Kapsel nach hinten sind. *Cm*, *Commissura mollis*. *fd* und *fa*, absteigender und aufsteigender Gewölbschenkel, nahe am *corpus mamillare*. *Y*, ein Faserbündel, das die Mittellinie unterhalb des III Ventrikels überschreitet. *V*, III Ventrikel. *TO*, verkümmerter *tractus opticus* und Andeutung von seiner Einstrahlung in den *Thalamus*. *H*, Bildung der Haube. *Pes*, Hirnschenkelfuss. *VG*, Durchschnitt der *Vena chorioidea*. *C. G. ext*, *Corpus geniculatum externum* (an seiner breitesten Stelle.) *LM ext*, *Lamina medullaris externa*.

Fig. 9. Durchsichtiger Querabschnitt des Stammgehirnes eines Maulwurfes, sechsmal vergrössert.

Lpp, Lamina perforata posterior. H, Haube. *C. G. int, Corpus geniculatum internum. Qdg ant,* vorderer Zweihügel. *Cp,* hintere Commissur. *Aq, Aquaeductus Sylvii. Pes,* Hirnschenkelfuss.

Fig. 10. Stammgehirn einer Katze, von oben gesehen, dreimal vergrössert.

S. P, Septum pellucidum. C. Stri, Corpus striatum. tub ant, Tuberculum anterius des *Thalamus. V,* III Ventrikel. *TO,* oberflächliche Fasern des *tractus opticus,* die in den vorderen Zweihügel übergehen. *Qdg. post,* hinterer Zweihügel. *Qdg ant,* vorderer Zweihügel. *C. G. int., Corpus geniculatum internum. C. G. ext., Corpus geniculatum externum* (von den Fasern des *tractus* bedeckt). *Zirb,* Zirbel. *Z,* Zirbelstiel. *Li,* Linsenkern. *Ri,* oberflächliche seichte Rinne zwischen *C. g. ext.* und *Thalamus.*

Forel

Fig. 3.

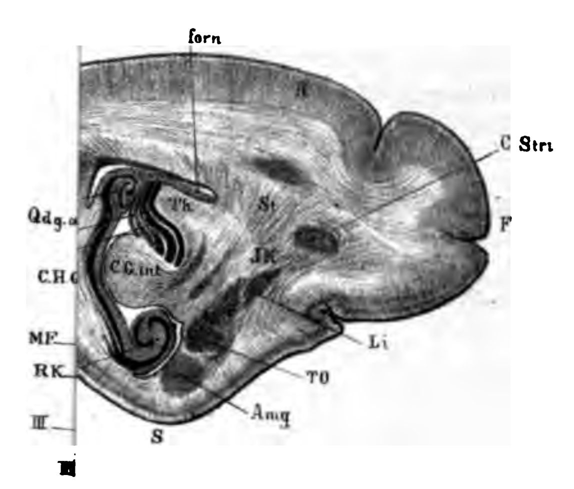
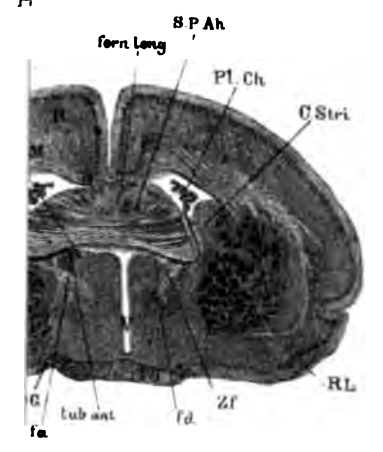


Fig. 5



Taf. II.

Fig. 9.

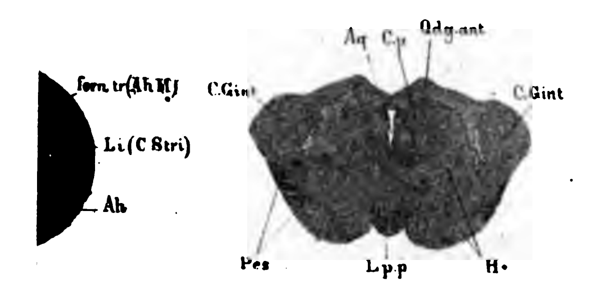
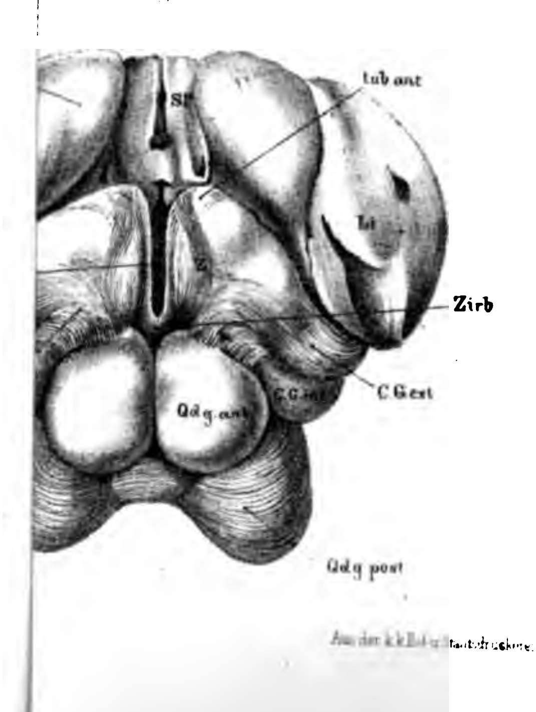
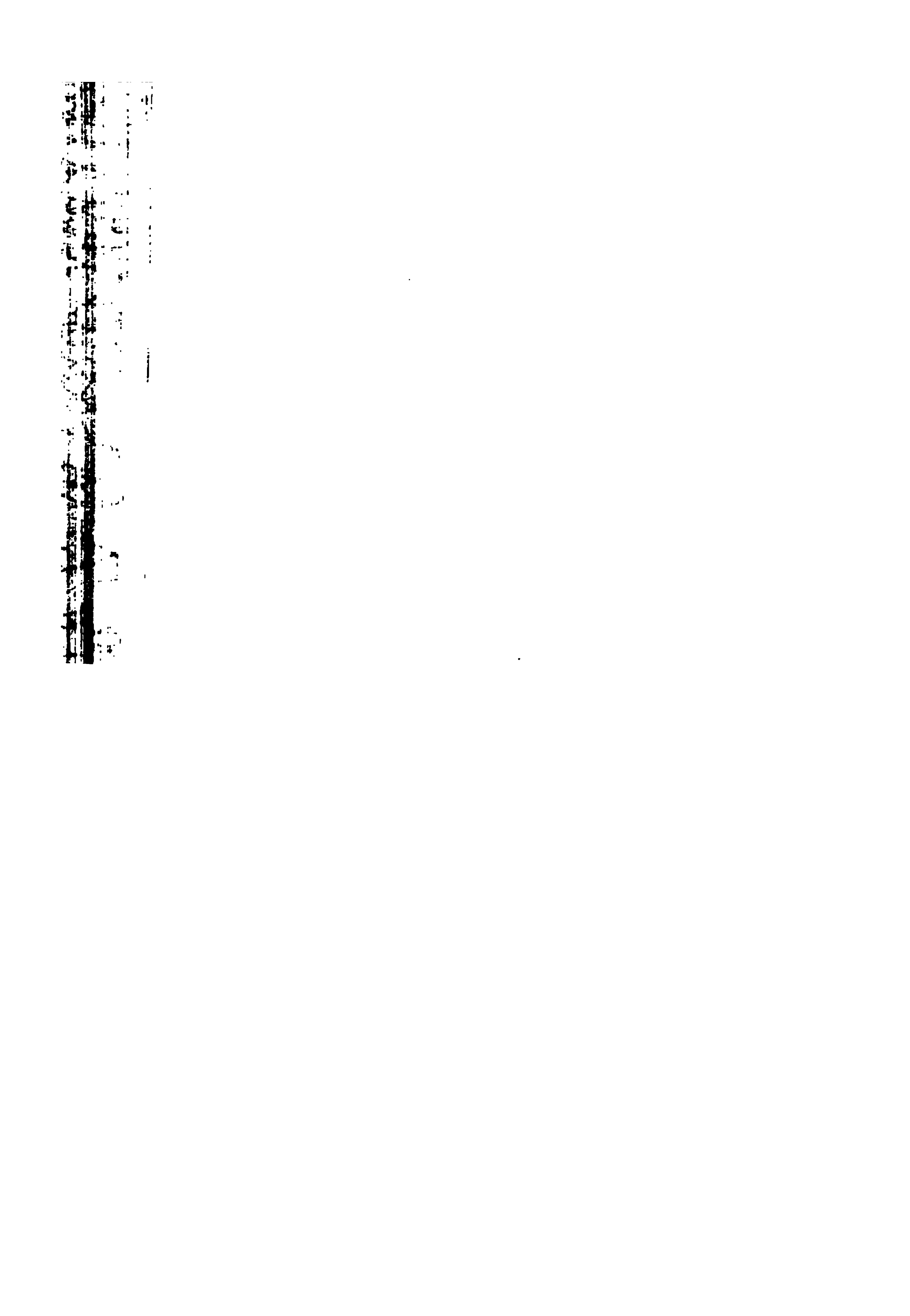


Fig. 10.



Aus der k.k. Hof- u. Staatsdruckerei.



XVII. SITZUNG VOM 20. JUNI 1872.

In Verhinderung des Präsidenten führt Herr Regierungsrath v. Littrow den Vorsitz.

Der Secretär legt folgende eingesendete Abhandlungen vor:

„Zur Theorie der Functionen X_n^m," vom Herrn Prof. L. Gegenbauer in Krems.

„Über den feineren Bau der Tasthaare," vom Herrn J. Dietl, Assistenten am physiologischen Institute der Universität zu Innsbruck.

Herr Director Dr. J. Stefan überreicht eine Abhandlung des Herrn A. v. Obermayer: „Über das thermoelektrische Verhalten einiger Metalle beim Schmelzen."

Herr Prof. E. Suess legt eine Abhandlung des Herrn Custos Th. Fuchs vor, betitelt: „Geologische Studien in den Tertiärbildungen Süd-Italiens."

Herr Prof. H. Hlasiwetz macht eine vorläufige Mittheilung über die Fortsetzung seiner in Gemeinschaft mit Herrn J. Habermann unternommenen Untersuchung der Proteïnstoffe.

Derselbe übergibt ferner eine, in seinem Laboratorium vom Herrn Dr. H. Weidl ausgeführte Untersuchung über das Nicotin.

Herr Prof. V. v. Lang legt eine Abhandlung vor, betitelt: „Krystallographisch-optische Bestimmungen."

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Accademia Pontificia de' Nuovi Lincei: Atti. Anno XXV, Sess. 5ª. Roma, 1872; 4°.

Akademie der Wissenschaften, kais., zu St. Petersburg: Repertorium für Meteorologie. Band II, Heft 2. St. Petersburg, 1872; 4°.

Annalen der k. k. Sternwarte in Wien. Dritte Folge. XVIII. Band. Jahrgang 1868. Wien, 1872; gr. 8°.

Apotheker-Verein, allgem. österr.: Zeitschrift. 10. Jahrg. Nr. 17. Wien, 1872; 8°.

Astronomische Nachrichten. Nr. 1889—1893. (Bd. 79. 17—18). Altona, 1872; 4°.

Beobachtungen, Schweizer. Meteorologische. October & November 1870; April 1871. Zürich; 4°.

Bibliothèque Universelle et Revue Suisse: Archives des Sciences physiques et naturelles. N. P. Tome XLIV°. Nr. 173. Genève, Lausanne, Paris, 1872; 8°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXIV, Nrs. 22—23. Paris, 1872; 4°.

Delesse, et de Lapparent, Revue de Géologie pour les années 1868 et 1869. VIII. Paris, 1872; 8°.

Gesellschaft, geographische, in Wien: Mittheilungen. Band XV (neuer Folge V.) Nr. 5. Wien, 1872; 8°.

— Deutsche geologische: Zeitschrift. XXIII. Band, 3. Heft. Berlin, 1871; 8°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXIII. Jahrgang, Nr. 23—24. Wien, 1872; 4°.

Jahrbuch, Neues, für Pharmacie & verwandte Fächer, von Vorwerk. Band XXXVII, Heft 4. Speyer, 1872; 8°.

Landbote, Der steirische. 5. Jahrgang, Nr. 12. Graz, 1872; 4°.

Landwirthschafts-Gesellschaft, k. k., in Wien: Verhandlungen und Mittheilungen. Jahrgang 1872, Nr. 14—15. Wien; 8°.

Mittheilungen des k. k. technischen und administrativen Militär-Comité. Jahrgang 1872, 6. Heft. Wien; 8°.

— aus J. Perthes' geographischer Anstalt. 18. Band, 1872, V. Heft, nebst Ergänzungsheft Nr. 32. Gotha; 4°.

Nature. Nrs. 136—137, Vol. VI. London, 1872; 4°.

Osservatorio del R. Collegio Carlo Alberto in Moncalieri: Bullettino meteorologico. Vol. VI, Nr. 5. Torino, 1871; 4°.

Puyals de la Bastida, Don Vicente, Teoria de los números y perfeccion de las matemáticas. Madrid, 1872; 12°.

„Revue politique et littéraire“ et „La Revue scientifique de la France et de l'étranger. I[re] Année (2[e] Série), Nrs. 50—51. Paris & Bruxelles, 1872; 4⁰.

Società Italiana di Antropologia e di Etnologia: Archivio. II[e] Vol., fasc. 2[o]. Firenze, 1871; 8⁰.

Société Botanique de France: Bulletin. Tome XVIII[e] (1871). Revue bibliographique B—C. Paris; 8⁰.

Verein, k. ungar. naturwissenschaftlicher: Természettudományi Közlöny. III. Kötet, 19.—28. Füzet. Pest, 1871; kl. 4⁰.

— naturwissenschaftlicher, in Carlsruhe: Verhandlungen. V. Heft. Carlsruhe, 1871; 8⁰.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXII. Jahrgang, Nr. 22—23. Wien, 1872; 4⁰.

Wolf, Rudolf, Astronomische Mittheilungen. XXIX. Zürich; 8⁰.

Zeitschrift des österr. Ingenieur- & Architekten-Vereins. XXIV. Jahrgang, 8. Heft. Wien, 1872; 4⁰.

Untersuchungen über Tasthaare.

Von Dr. M. J. Dietl,

Assistenten am physiologischen Institute der Innsbrucker Universität.

II.

Das Verhalten der Nerven.

(Mit 1 Tafel.)

Den Mittheilungen über den in der Überschrift bezeichneten Gegenstand muss ich eine Erklärung vorangehen lassen, die sich auf den ersten Theil meiner Untersuchungen über Tasthaare bezieht[1]. Bald nachdem jene veröffentlicht waren, erfuhr ich, dass mir zwei Arbeiten über den Bau der Fühlhaare unbekannt geblieben waren, und zwar die beiden wichtigsten; es sind diess die Angaben, welche sich unter anderem in den Studien F. Leydig's über die äussere Bedeckung der Säugethiere[2] finden, und der Aufsatz von Odenius, Beitrag zur Kenntniss des anatomischen Baues der Tasthaare[3]; durch den letzteren erhielt ich von den ersteren Kenntniss.

Ich fand, dass von den genannten Autoren viele Verhältnisse bereits eingehend geschildert wurden, ja dass über einige Punkte bereits genauere Aufschlüsse vorhanden zu sein schienen, als ich zu bringen vermochte; dagegen muss ich auch geltend machen, dass in anderer Richtung manches in jenen Mittheilungen unberücksichtigt geblieben ist, über das ich Auskunft gegeben habe.

---

[1] Sitz... k. Akad. der Wissensch. 1871. Juli-Heft.

[2] ... nat. u. Physiol. etc. von Reichert u. Du Bois Reymo...

... ikr. Anat. von Max Schultze. 2. Bd. 4. Heft. 18...

Jedenfalls war mir Grund genug vorhanden, die Arbeit alsbald wieder in Angriff zu nehmen, und auf diese Weise bot sich auch wiederum Gelegenheit, eine Reihe von Beobachtungen zu machen, die geeignet sind, hier einiges zu berichten, dort anderes zu ergänzen, ausserdem mir aber auch die Überzeugung zu verschaffen, dass in der Morphologie dieser Gebilde noch manches ans Licht zu ziehen ist.

Sobald sich nun die Ergebnisse dieser Studien zu einem Ganzen gestalten, werde ich auch in der Lage sein, die oben erwähnten Arbeiten und besonders die von Odenius eingehender zu berücksichtigen und zu besprechen; da die vorliegenden Blätter in Anschluss an den ersten Theil meiner Untersuchungen die Erörterung einer ganz speciellen Frage enthalten sollen, so möge vorläufig die in den vorhergehenden Zeilen gegebene Erklärung genügen.

Es ist bekannt, dass die Nerven der Tasthaarfollikel bei den meisten Thieren (der betreffenden Ausnahmen wird später Erwähnung geschehen) sich in ihrem Verlaufe durch das cavernöse Gewebe und die innere Lamelle des Haarbalgs [1] (compacte Lage des cavernösen Körpers, Leydig) vielfach theilen, zahlreiche Anastomosen eingehen und endlich in der Höhe des Ringsinus (Leydig) einen Kranz von einfachen, doppelt contourirten Primitivfasern bilden, der die äussere Wurzelscheide rings umgibt.

Die weitere Verfolgung dieser Fasern war die Aufgabe jener, welche nach den Nervenendigungen in den Tasthaaren forschten. Odenius bezeichnet dieselbe als die wichtigste, aber auch die schwierigste und mit Recht; denn die Beschaffenheit der benachbarten Gewebe ist im Allgemeinen eine derartige, dass es den Nerven gewöhnlich ein leichtes war, sich den Verfolgungen zu entziehen, ein Umstand, der es mit sich brachte, dass von da ab theils nur Vermuthungen, theils keineswegs sichere Aufschlüsse über das weitere Verhalten der Nerven vorliegen.

---

[1] Siehe den 1. Theil der Untersuchungen l. c. LXIV. Bd. pag. 66.

So gibt Gegenbaur an [1], dass sich die Primitivfasern oben gegen das Ende der Bindegewebslamelle (innere Haarbalglamelle) allmälig verschmälern, was theils von Theilung abhängig ist, theils ohne deren Einwirkung sich trifft, und dass man sieht, wie erst starke, dunkel contourirte Fasern auffallend feiner werden, blässere Contouren bekommen und endlich gänzlich verschwinden, ohne dass über ihr weiteres Schicksal etwas Bestimmtes zu ermitteln wäre.

Leydig berichtet uns von den Nerven in den Follikeln des Rindes, dass sie in der sulzigen Schicht ein reiches Endnetz bilden, von denen der Maus, dass die Primitivfasern sich theilen und die Nerven-Enden in der Gegend des Ringsinus eine Art Kranz bilden, der bis zur äusseren Wurzelscheide vorzudringen sucht. In Bezug auf den Hund gibt er an, dass er in der äusseren Wurzelscheide Körper von specifischer Natur gefunden habe, die möglicher Weise Terminalgebilde seien, ohne dass es ihm jedoch gelang, den thatsächlichen Zusammenhang mit den Nervenfasern nachzuweisen [2].

Die Untersuchungen von Odenius bestätigen theilweise die früheren Angaben und enthalten ausserdem im Wesentlichen noch folgende Resultate: Die Nervenfasern verlieren ihre Markscheide und es erübrigt eine Terminalfaser, über deren Zusammensetzung nichts ermittelt werden konnte. Eine Theilung der Terminalfasern wurde nicht beobachtet, ihre Lage haben sie unmittelbar auf der homogenen Membran im sogenannten conischen Körper [3].

Bei der Erörterung der Angaben über die Nerven-Endigung bespricht Odenius vorerst die Beobachtung Leydig's bezüglich der Körper von specifischer Natur und stellt die Wahrscheinlichkeit eines Zusammenhanges derselben mit den Nerven und überhaupt die anatomische Beziehung der letzteren zu der äusse-

---

[1] Zeitschrift für wissensch. Zoologie 1851. 3. Bd. S. 19 u. f.

[2] l. c. pag. 729.

[3] Ich behalte diesen Ausdruck, mit dem Leydig die Übergangsstelle der inneren Haarbalglamelle in die äussere bezeichnet hat, der Kürze wegen bei, ohne dieser Partie jedoch, wie es von andern geschehen ist, eine ganz besondere anatomische Eigenthümlichkeit zuzugestehen.

ren Wurzelscheide in Abrede, indem er geltend macht, dass 1. der von Leydig abgebildete Querschnitt, welcher die genannten Körper enthält, im Bereiche des cavernösen Gewebes liege, die Nervenendigungen aber höher zu suchen sind, dass er 2. nie ein Durchdringen der Terminalfasern durch die homogene Membran antraf und 3. auch keine diesem negativen Resultate entsprechende Verdünnung der Terminalfaser beobachtete.

Seine eigenen Nachforschungen (die er mit einer gewissen Zurückhaltung vorlegt) ergeben, dass die Terminalfasern in eine längliche, abgerundete Anschwellung übergehen, und als solche im Bereiche des conischen Körpers endigen. Biegungen der Nervenfasern nach einwärts hält Odenius für Artefacte, bedingt durch die Präparationsmethode, doch konnte er öfters transversalen Verlauf beobachten; der Ringwulst (schildförmiger Zellkörper) enthalte keine Nerven.

Nun hat in neuester Zeit Burkhardt diesem Gegenstande seine Aufmerksamkeit zugewandt und gibt an [1], in einer eigenthümlichen Anwendung der Osmiumsäure den Weg gefunden zu haben, auf dem „sich manches Räthsel löset"; er verlegt die Nervenenden in den Ringwulst als ein System von Fasern, die aus den plötzlich marklos werdenden Primitivfasern hervorgehen und mit den Kernen der Ringwulstzellen in Verbindung stehen sollen.

Übersehen wir also die Angaben, die uns vorliegen, so verzichten die von Gegenbaur auf ein endgültiges Resultat, jene von Leydig bestehen in einer Vermuthung, Odenius spricht sich ziemlich reservirt dahin aus, dass die Terminalfasern mit oblongen Anschwellungen im conischen Körper enden, während Burkhardt die Nervenenden in den Ringwulst verlegt.

Diesen Widersprüchen gegenüber dürfte ich in der Lage sein, sichere Resultate bieten zu können, indem ich über eine Reihe von Präparaten dieser Objecte verfüge, die in ihrer Deutung wohl keine Zweifel zulassen.

Der Beschreibung des Verlaufes der stärkeren, den Follikel versorgenden Nervenstämmchen habe ich wenig hinzuzusetzen; doch möchte ich hier zwei Typen unterscheiden, die sich dadurch trennen, dass bei einer Reihe von Thieren (z. B. den Raub- und

[1] Centralblatt für mediz. Wissensch. 1870. Nr. 33.

Nagethieren) sich ein deutlich entwickelter Ringsinus und Ringwulst findet, was bei anderen nicht der Fall ist. Bei den ersteren verlaufen die Nerven in der oft beschriebenen Weise, nachdem sie den Haarbalg durchbohrt im cavernösen Gewebe nach oben und innen, so dass sie sich nach mannigfacher Theilung in der Höhe des Ringwulstes als Primitivfasern treffen, welche, im Gewebe der inneren Haarbalglamelle liegend, die äussere Wurzelscheide rings umgeben und der homogenen Membran sehr nahe anliegen. Auch tiefer schon sind einige Fasern der inneren Lamelle zugezogen, um in derselben ein Anastomosennetz zu bilden.

Bei der zweiten Kategorie, z. B. beim Rinde, theilen sich die Nervenbündel zumeist schon ziemlich tief, um theils in den Balken des cavernösen Gewebes, theils in der inneren Lamelle des Haarbalges, wo sie auch anastomosiren, theils, und diess ist das charakteristische, auch an der inneren Fläche der äusseren Haarbalglamelle emporzuziehen. Die letzteren Fasern benützen dann regelmässig einen der obersten Balken, um in demselben wieder abwärts der inneren Lamelle zuzustreben, so dass sie eine starke S-förmige Krümmung beschreiben. Übrigens verlaufen die Nervenfasern beim Rinde überhaupt mehr weniger geschlängelt. In dem einen wie in dem anderen Falle finden wir, wie schon bemerkt, die Primitivfasern im oberen Theil der inneren Haarbalglamelle die äussere Wurzelscheide rings umgeben und von ihr durch die homogene Membran getrennt. Die letztere zeigt hier ein eigenthümliches Verhalten; sie erreicht nämlich bei manchen Thieren, vornehmlich beim Rinde und beim Hunde, eine ungewöhnliche Stärke und Festigkeit und zwar in ganz bestimmter Ausdehnung (Fig. 1, vergl. überdies die Erläuterung der Tafel).

Dies ist nun der Bezirk, in dem es sich am besten beobachten lässt, dass die Primitivfasern sich nach einwärts umbiegen, dabei marklos werden, die homogene Membran durchbohren und den Epithelzellen der äusseren Wurzelscheide zustreben.

Diese Umbiegung geschieht entweder allmälig, oder ganz plötzlich, entweder in einem Bogen, oder unter einem rechten Winkel. An der homogenen Membran angekommen, spitzt sich die Nervenfaser zu, indem sie die Markscheide verliert und einen blassen Terminalfaden darstellt, den ich aus dem Axencylinder

und der Schwann'schen Scheide bestehen finde. Die letztere manifestirt sich auch durch kleinere oblonge Kerne, welche ihr an verschiedenen Stellen anliegen, so z. B. bei Fig. 3, 4, 5, unmittelbar vor dem Epithel.

Diese Verhältnisse lassen sich bei den letztgenannten Thieren mit der wünschenswerthesten Klarheit demonstriren, da die Basalmembran sehr stark und wegen ihrer homogenen Beschaffenheit ausserordentlich durchsichtig ist. Vergl. Fig. 3 bis 11.

Sowohl beim Eintritt in die Basalmembran, als auch in dieser selbst, liegen an verschiedenen Stellen den Terminalfasern runde, kernartige Gebilde auf, die einen stärkeren Glanz besitzen und auch grösser sind, als die im benachbarten Gewebe. Ich kann nicht umhin, diesen Gebilden einen unmittelbaren Zusammenhang mit den Nervenfasern zu vindiciren, ohne jedoch in der Lage zu sein, über ihre Natur bestimmte Angaben vorzulegen. Vergl. Fig. 3, 4, 5, 6, 8.

Das Eindringen der Terminalfasern in die Basalmembran erfolgt entweder einzeln, oder in Gesellschaft; in letzterem Falle zeigt dann die Basalmembran an der betreffenden Stelle regelmässig ein granulirtes Ansehen, was hie und da auch beim Eintritte einzelner Fasern recht deutlich ist (Fig. 7, 11).

Die Terminalfaser kann sich auch dichotomisch theilen, was sich sehr leicht constatiren lässt, da dieser Vorgang oft genug im Verlaufe durch die homogene Membran stattfindet; ich konnte diess beim Rinde sowohl wie beim Hunde in unzweideutiger Weise wahrnehmen (Fig. 6, 7).

Welches ist nun das weitere Verhalten der Terminalfasern? Bevor ich an die Beantwortung dieser Frage gehe, muss ich nothwendiger Weise das Verhältniss der mitbetheiligten Gebilde, nämlich der Basalmembran zu der äussersten Zellenlage der Wurzelscheide berühren. Wie bekannt, zeichnet sich die erste Lage der Zellen vornehmlich dadurch aus, dass denselben eine cylindrische Form zukommt, während die weiter nach innen gelegenen die runde oder polygonale bewahren.

Wo nun die Basalmembran die erwähnte stärkere Entwicklung erfährt (wo auch die äussere Wurzelscheide überhaupt am mächtigsten ist), da macht sich in der ersten Zellenreihe eine besondere Regelmässigkeit geltend, und esfällt auch die Grösse,

wie das stärkere Lichtbrechungsvermögen der einzelnen Glieder derselben auf. Diese Zellen der ersten Reihe treten nun mit der Basalmembran dadurch in sehr engen Zusammenhang, dass sie in die Substanz der letzteren einen Complex sehr feiner Zacken hineinsenden. Dass durch das geschilderte Verhältniss eine sehr solide Verbindung hergestellt ist, beweist mir ein Längsschnitt durch einen Follikel, in dem die homogene Membran von der äusseren Wurzelscheide abgerissen ist, aber an der ganzen Innenseite noch eben die erste Zellenlage trägt.

Ich bin geneigt, diese Bildung als eine unilaterale Entwicklung von Stacheln zu nehmen und die Zellen den Riff- oder Stachelzellen gleichzustellen, die sich ja, wie auch Odenius angibt, in der äusseren Wurzelscheide finden.

Verfügt man über sehr zarte Längsschnitte durch die Follikel, so findet sich bald ein Präparat (ein Sagittalschnitt) [1], in dem auch die Querschnitte dieser Stacheln als ein Feld von feinsten Punkten zur Anschauung kommen.

Bis an die Grenze der Zellen nun lassen sich die Terminalfasern sonder Mühe verfolgen, hier jedoch beginnen die Schwierigkeiten; die blassen Fasern lassen sich von nun an in den meisten Fällen nicht mehr von den andern differenziren, zumal man nicht selten noch dazu im Verlaufe der ersten Zellenlage Pigment eingestreut findet, wo man dann wohl von vornherein auf eine weitere Nachforschung verzichten muss. So viel jedoch gelingt schon in vielen Fällen sicherzustellen, dass die Terminalfaser sich zwischen die Epithelzellen einsenke.

In anderen Fällen dagegen hat man Gelegenheit, insofern eine bestimmtere Beobachtung zu machen, als man sieht, dass sich die Terminalfaser an die Grenzzellen einfach anlegt und noch im Bereiche der Basalmembran eine kleine oblonge Anschwellung bildet, an der sich keine weitere Fortsetzung mehr nachweisen lässt. Es ist jedoch darauf zu achten, dass auch an dieser Stelle noch den Nervenfasern die oben erwähnten kernigen Gebilde aufliegen, die leicht zu Verwechslungen Anlass geben können. So zeigt in Fig. 5 die obere Faser eine Anschwellung,

---

[1] Ein ausserhalb der Haaraxenebene geführter, mit ihr parareller Schnitt.

während der unteren vor ihrem Eintritt in das Epithel ein oblonger Kern aufliegt, der hier augenscheinlich der Primitivscheide angehört. Sind die Verhältnisse günstig, so kann man den Verlauf der Terminalfasern im Bereich der äusseren Wurzelscheide noch weiter bis in die zweite oder dritte Zellenlage verfolgen und beobachten, dass sie hier in eine knopfförmige oder oblonge Anschwellung übergehen (Fig. 3, 4, 7, 8, 9).

Sieht man recht genau zu, so entdeckt man auch nicht selten an anderen Stellen, in den ersten Reihen der Epithelzellen ähnliche Anschwellungen, die jedenfalls einer Terminalfaser angehören, bei der aber (in Folge der Präparation) kein Zusammenhang mit den Nerven mehr nachweisbar ist (Fig. 3, 9).

Es wäre nun die Frage zu erörtern, ob die beschriebenen Gebilde in der That als terminale, als Nervenenden zu bezeichnen sind; ich vermag darauf keine entscheidende Antwort zu geben, indem nur bis hierher die Sicherheit meiner Beobachtung reicht; von nun ab möchte „das Scheinen und Glauben“ in seine Rechte treten und ich muss daher auf eine weitere Ausführung verzichten. Nur einiger Versuche muss ich der Vollständigkeit halber Erwähnung thun. Es handelt sich um die Ermittlung der feineren Nervenanatomie durch Anwendung des Goldchlorids. Es hat mir dieses Reagens nicht den Anforderungen entsprochen, die ich an dasselbe stellte. Die Goldimprägnation hat für dieses Object der Übelstände viele. Falls nämlich die Tinction wirklich eine allgemeine ist, so färbt sich gewöhnlich die erste Zellenlage der äusseren Wurzelscheide so stark, dass an einen Nachweis des Zusammenhangs der Fasern inner- und ausserhalb derselben nicht mehr zu denken ist.

So kam es, dass ich wohl die markhaltigen Nervenfasern in ihrem ganzen Verlaufe und die Terminalfasern bis in die homogene Membran ganz tadellos durch das Goldsalz imprägnirt fand, während es von da ab seine Dienste versagte. Es wären bestimmte Resultate um so erwünschter gewesen, als Langerhans nachwies [1], dass sich die Nerven wie in der Malpighi'schen Schleimschicht der Haut, auch in der äusseren Wurzelscheide in feinste Fäden auflösen, die von einem in der zweiten bis dritten

[1] Virchow's Archiv. 1868, 44. Bd. 3. Hft. pag. 336.

Zellenlage gelegenen eigenthümlich gestalteten dunklen Körper ausgehen. Es ist mir auch gelungen, solche Fäden, die sich meist dichotomisch theilten, zu sehen; sie gingen von der Basalmembran aus, tief in die äussere Wurzelscheide hinein, so lange ich sie jedoch nicht in directem Zusammenhang mit den Nervenfasern ausserhalb der Wurzelscheide finde, kann ich mich von ihrer Eigenschaft als nervöse Elemente nicht überzeugt halten. Ebenso fand ich auch die kolbenförmigen Gebilde, die in Form und Lage den von mir beschriebenen Anschwellungen der Terminalfasern entsprechen, ohne dass die ersteren sich weiter ins Epithel hätten verfolgen lassen; niemals jedoch entdeckte ich Gebilde von der Art wie Langerhans sie beschreibt.

Wir müssen nun dagegen einer anderen Frage unsere Aufmerksamkeit zuwenden, der nämlich, ob alle Nervenfasern der Tasthaare das geschilderte Verhalten zeigen.

Vom Rinde, Hunde und der Katze wäre in dieser Hinsicht zu bemerken, dass man mit Hilfe der Osmiumsäure leicht erkennt, wie sich in jener Bucht, welche durch die Anschwellung der äusseren Wurzelscheide unter den Talgdrüsen zu Stande kommt (Fig. 1 *g*), die letzten Nervenfasern dem Epithel zuwenden. Nur an einigen Chlorgoldpräparaten fand ich hie und da einen ungemein feinen Faden noch höher hinaufziehen, der sich aber dann umbog, bis zu der erwähnten Bucht zurückkehrte und endlich die structurlose Membran durchbohrte. Die Terminalfasern könnten daher nur noch im Gewebe der Haarbalglamelle (dem conischen Körper), etwa wie Odenius beschreibt, ihr Ende finden; ich konnte dies jedoch nirgends bestimmt nachweisen; wo die Fasern im conischen Körper aufhörten, waren sie entweder wirklich durchschnitten oder abgerissen, oder es hätte sich diese Einwendung nicht mit triftigen Gründen von der Hand weisen lassen. Dagegen muss erwähnt werden, dass ich an manchem Längsschnitte sieben bis acht Stellen zähle, an denen überall die Einsenkung der Nervenfasern in die Basalmembran deutlich ersichtlich ist.

Bei anderen Thieren wiederum, vorzüglich bei der Gattung *Mus*, ist der conische Körper selbst sehr reich an Nerven; diese bilden hier wie schon frühere Beobachter constatirten, einen Kranz um das Haar, und zwar so, dass die Nervenfasern erst gerade

aufwärts ziehen, dann in transversaler Richtung eine kleinere oder grössere Strecke verlaufen und schliesslich sich wieder abwärts wenden. In diesem Verlaufe anastomosiren sie vielfach, oft in regelmässigen Formen. An medialen Längsschnitten findet man daher im conischen Körper meist nur Querschnitte der die Wurzelscheide so umkreisenden Fasern, die an Osmiumpräparaten sich durch ihre dunkle Färbung deutlich darstellen, an nicht gefärbten dagegen viel zur Helligkeit des conischen Körpers beitragen mögen. Sagittale Schnitte verhelfen zur Flächenansicht dieses Nervennetzes.

Jene Fasern nun, die hier in die Bildung des Netzes eingehen, lassen sich auf Durchschnitten allerdings nicht in ihrem weiteren Verhalten verfolgen. Ich habe aber oben vom Rinde bemerkt, und bemerke hier weiter von der Katze, dass man in den Follikeln dieser Thiere Nervenfasern sieht, die in den conischen Körper emporzogen, sich umbogen und deren rückläufiges Stück sich in die Basalmembran resp. die äussere Wurzelscheide einsenkte. Ferner findet man Fasern ins Epithel dringen, die notorisch von oben her kommen. Man wird dadurch zu der Annahme gedrängt, dass die Nervenfasern auch in den Fällen, in welchen sie sich im conischen Körper nach ihrem transversalen Verlaufe umbiegen und abwärts ziehen, endlich ihren Weg zu den Zellen der Wurzelscheide nehmen.

Schliesslich frägt es sich noch, wie weit die nachgewiesenen Beziehungen der Nervenfasern zum Wurzelscheideepithel bei den einzelnen Ordnungen Giltigkeit haben. Wo es nur möglich war, die Osmiumsäure anzuwenden, konnte ich bei allen Thieren, die ich auf diese Weise untersuchte, das Eindringen der Nervenfasern in die Basalmembran nachweisen, d. i. beim Rinde, Schweine, Hunde, bei der Katze, der Ratte und dem Kaninchen.

Bei der Ratte stiess ich bei meiner gleich zu erwähnenden Untersuchungsmethode insofern auf einige Schwierigkeiten, als sich herausstellte, dass der Verlauf der Nervenfasern im grossen und ganzen oft ein spiraliger ist; man bekommt daher an Längsschnitten, die der Haaraxe parallel sind und die ich jedesmal als solche anstrebe, zumeist Bruchstücke der Nerven, wobei der Deutung ihres Verhaltens zum Nachbargewebe nicht die erwünschte Sicherheit zukommt.

Es bliebe nun noch weniges über die Präparationsmethode anzugeben.

Als ich das erstemal den Durchtritt einer Terminalfaser durch die Basalmembran beobachtete, der ich wegen des Widerstandes, den das Messer regelmässig bei ihrer Durchschneidung fand, eine grosse Resistenz zuschreiben muss, da konnte ich von vornherein überzeugt sein, dass nur geeignete Durchschnitte einer weiteren Untersuchung förderlich sein können; das Zerzupfen und Isoliren kann hier nicht wohl zum Ziele führen, sondern nur zu mannigfachen Irrthümern Anlass geben.

Im Übrigen sind nur wenige Bedingungen zu erfüllen; vor allem muss das Untersuchungsobject, das man für diese delicaten Beobachtungen wählt, ganz frisch in das Reagens eingelegt werden; die Durchschnitte müssen sehr zart sein [1] und es sind nur diejenigen zur Untersuchung geeignet, welche durch den medianen Theil des Follikels und möglichst, am besten vollkommen parallel mit der Haaraxe geführt sind: nur an diesen präsentirt sich die Basalmembran in der gehörigen Reinheit, während auf sagittalen Schnitten von der äusseren Seite her die Längsstreifung der Membran, auf der inneren die Grenz-Zellenlagen der Wurzelscheiden die Beobachtung trüben.

Hat man ein grösseres Stück einer Oberlippe gehärtet, so bildet diese selbst das Einbettungsmaterial und die Richtung der Haare gibt den besten Anhaltspunkt für die Schnittführung. Von isolirten Follikeln kann man ganz gut, ohne sie einzubetten, aus freier Hand Durchschnitte anfertigen, wenn sie nur gut gehärtet sind. Die besten Präparate erhielt ich aus der Oberlippe eines Kalbes, die ich unmittelbar nach dem Tode des Thieres in sehr verdünnte Chromsäure legte, in der sie einige Tage verweilte; darauf wurde sie durch ein halbes Jahr in Alkohol aufbewahrt. Bis sie zur Untersuchung kam, hatte derselbe den Blutfarbstoff, mit dem gewöhnlich die Gewebe des Follikels imbibirt sind, vollständig ausgezogen und die Durchschnitte besitzen nun eine sehr angenehme Klarheit mit bester Erhaltung der zarten Structurverhältnisse. Auf die Tinction mit Farbstoffen habe ich

---

[1] Sämmtliche in die Tafel aufgenommenen Detailpräparate eigneten sich für die Untersuchung mit Hart. Immers. Syst. 10 Ocul. 6.

bald verzichtet, sondern die Durchschnitte einfach mit Creosot aufgehellt und sie in Damara eingeschlossen.

Auf kürzestem Wege kommt man durch Anwendung der Osmiumsäure zum Ziele; ich schneide aus einer frischen Schnauze die Follikel heraus, öffne jeden durch einen Einschnitt mit einem scharfen Messer und lasse dann die Osmiumsäure auf sie einwirken. — Aus dieser kommen sie durch kurze Zeit in Wasser und sind nun zur Untersuchung geeignet; 2—3 Stunden genügen zur ganzen Procedur. Die gleichzeitige vortreffliche Härtung gestattet die Anfertigung feinster Schnitte, ohne dass man es nöthig hat, die Objecte einzubetten. Der grösste Dienst, den mir übrigens die Osmiumsäure geleistet hat, bestand lediglich darin, dass sie mich in der Diagnose vollständig sicherte, so dass jeder Vorwurf einer Verwechslung mit anderen Gebilden von der Hand gewiesen werden kann. Auch überzeugt man sich nicht wohl auf eine andere Weise so gut von dem Reichthum der Tasthaarfollikel an Nerven, von dem Verlaufe derselben und von den anatomischen Beziehungen zu den anderen Geweben; ähnliches erreicht man durch Goldchlorid, nach meinen Erfahrungen jedoch bei weitem nicht mit der Sicherheit, die die Osmiumsäure bietet; über den Misserfolg der Goldimprägnation etwaiger feinster Nervenelemente im Bereiche der äusseren Wurzelscheide habe ich bereits oben das betreffende erwähnt.

Mit Rücksicht auf die Angaben der früheren Autoren kann ich folgende Punkte anführen:

1. Die von mir gesehenen Anschwellungen der Terminalfasern in der äusseren Wurzelscheide sind mit den von Leydig beschriebenen Körpern specifischer Natur (siehe pag. 64) nicht identisch; sie entsprechen sich weder in der Form noch in der Lage; die Leydig'schen Körper kommen in der ganzen Wurzelscheide vor, die Anschwellungen der Terminalfasern fand ich nur im oberen Drittheil derselben und nur im Bereiche der ersten bis dritten Zellenlage.

2. Die von Odenius beobachteten Umbiegungen der Primitivfasern (die auch schon Gegenbaur abbildete) gegen die Basalmembran zu, sind keine Artefacte, sondern entsprechen den factischen Verhältnissen; dass Odenius trotz seiner darauf gerichteten Bemühungen nie den Durchtritt der Terminalfasern

durch die homogene Membran sich zur Anschauung bringen konnte, dürfte darin seinen Grund haben, dass theils seine Objecte, theils seine Methode für diese Untersuchung nicht günstig waren. Inwieweit die von Odenius beschriebenen Anschwellungen der Terminalfasern mit den von mir beobachteten, ganz ähnlich gestalteten, identisch seien, muss vorläufig noch dahingestellt bleiben.

3. Was die Angaben Burkhardt's anbelangt, so muss ich die Vermuthung hegen, dass er durch die eigenthümliche Anwendung der Osmiumsäure in einem Irrthum bestärkt wurde, in den auch ich verfallen war, als ich im Ringwulst die Endigungen der Nerven suchen zu müssen glaubte. Nach der Art seiner Angabe gewann Burkhardt seine Resultate besonders aus den Untersuchungen der Follikel von der Hausmaus (da er dieselbe mit durchschossenen Lettern bedachte), und diess ist insofern auffallend, als ein sehr zarter Durchschnitt des Ringwulstes von diesem Thiere in der That ein eigenthümliches Bild bietet. Der Zusammenhang dieses Netzwerkes und seiner Kerne mit den Nerven dünkt mir aber ein scheinbarer, und die von Burkhardt beschriebenen markhaltigen Nervenfasern mit ihrem urplötzlichen Aufhören dürften beiderseits abgerissene Stücke derselben sein, an denen es wohl unter den stattgefundenen Verhältnissen schwer sein möchte, zu entscheiden, was oben oder unten ist. Jedenfalls lassen sich auch bei der Hausmaus die Nerven weit über den Ringwulst hinaus verfolgen. Damit möchte ich jedoch nicht zugleich sagen, dass ich darum auch die Theorie der mechanischen Function, wie Odenius sie für den Ringwulst aufgestellt hat, acceptiren und unterstützen will; ich glaube im Gegentheile Gründe anführen zu können, welche gegen jene Erklärung sprechen und die ich seiner Zeit vorzubringen gedenke.

Erläuterung der Tafel.

Fig. 1. Die obere Hälfte eines Tasthaarfollikels vom Rinde im Längsschnitt. Übersichtspräparat:
- *a* die äussere Lamelle des Haarbalges,
- *b* der oberste Theil der inneren Lamelle (conischer Körper),
- *c* die innere Lamelle,
- *d* der verdickte Theil der structurlosen Membran,
- *e* die äussere Wurzelscheide,
- *f* die Talgdrüsen,
- *g* die Bucht über der Anschwellung der äusseren Wurzelscheide.

Fig. 2 zeigt den Verlauf der an der äusseren Haarbalglamelle emporziehenden Nervenfasern; Bezeichnung wie bei Fig. 1.

Fig. 3. Vom Rinde:
- *a* structurlose Membran,
- *b* Grenzzellenlage der
- *c* äusseren Wurzelscheide.

Unten der Eintritt einer Terminalfaser in das Epithel und deren kolbige Anschwellung, oben eine oblonge Anschwellung ohne Zusammenhang mit dem Nerven.

Fig. 4. Vom Rinde:
Zwei Terminalfasern dringen in das Epithel, die obere zeigt eine kolbige Anschwellung (die drei spindelförmigen stark markirten Gebilde in der äusseren Wurzelscheide erwiesen keinen Zusammenhang mit der Terminalfaser.)

Fig. 5. Die obere Terminalfaser legt sich mit ihrer Anschwellung an die Grenzzellenlage an, die untere dringt ins Epithel und trägt einen oblongen Kern.

Fig. 6. Vom Rinde:
Theilung der Terminalfaser in ihrem Verlaufe durch die structurlose Membran.

Fig. 7. Ein ähnliches Präparat vom Hunde.

Fig. 8. Von der Katze. Osmiumpräparat.
Die untere Terminalfaser bildet in der äusseren Wurzelscheide eine oblonge Anschwellung.

Fig. 9. Ein gleiches Präparat vom Rinde (s. auch Fig. 3).

Fig. 10. Vom Hunde:

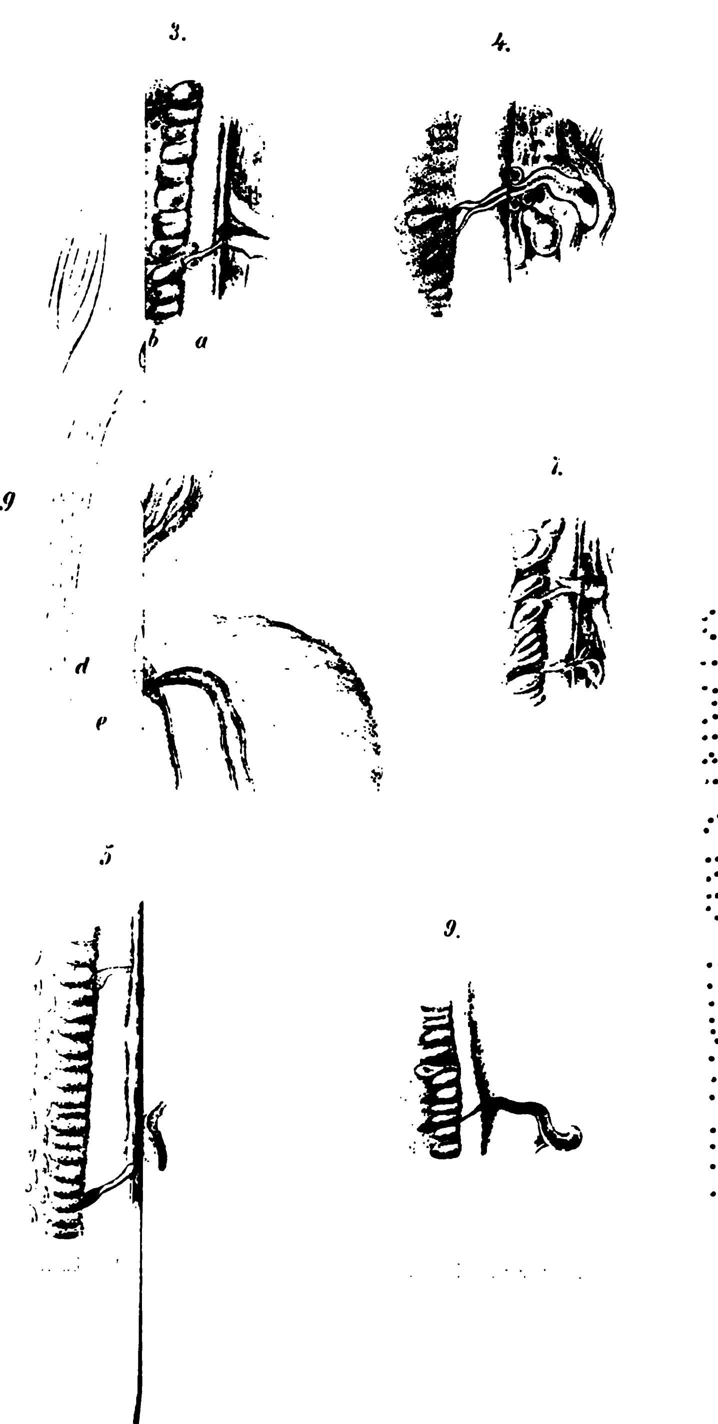
a Gewebe des Ringwulstes.

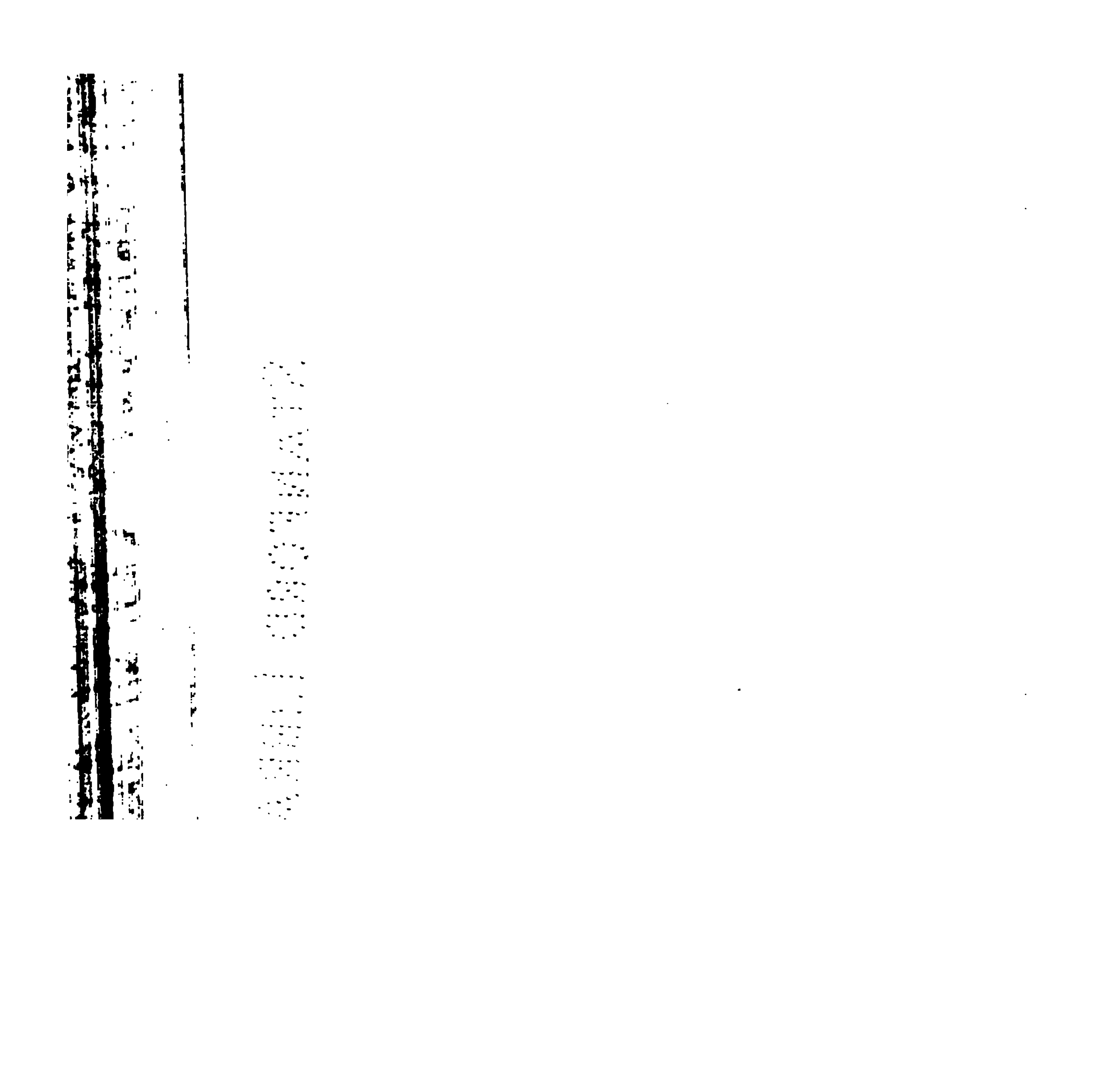
Fig. 11. Vom Rinde:

Mehrere Terminalfasern dringen nebeneinander in die structurlose Membran.

Fig. 3—11 Hartn. Syst. 8. Ocul. 2.

Dietl. Unte





SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

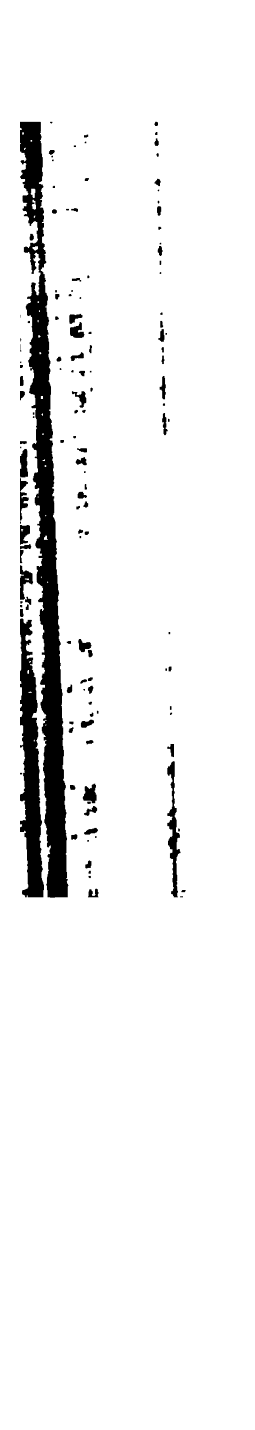
MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

LXVI. Band.

DRITTE ABTHEILUNG.

7.

Enthält die Abhandlungen aus dem Gebiete der Physiologie, Anatomie und theoretischen Medicin.



XVIII. SITZUNG VOM 4. JULI 1872.

Die Herren A. Winnecke in Carlsruhe und W. Tempel in Mailand danken mit Schreiben vom 25. und bezhgsw. 28. Juni l. J. für die ihnen zuerkannten und übersendeten Kometen-Preise.

Der Secretär legt folgende eingesendete Abhandlungen vor:

„Kritische Durchsicht der Ordnung der Flatterthiere oder Handflügler *(Chiroptera)*. Familie der Fledermäuse *(Vespertiliones)*." III. Abtheilung, vom Herrn Dr. L. J. Fitzinger in Pest.

„Über die Ursache des hohen Absonderungsdruckes in der *Glandula submaxillaris*", vom Herrn Prof. Dr. Ew. Hering in Prag.

„Zur Theorie der Bessel'schen Functionen zweiter Art", vom Herrn Prof. L. Gegenbauer in Krems.

„Über das Verhalten der Action des Herz-Ventrikels zur Pulswellenbildung in der Arterie", vom Herrn Dr. Eug. Kolisko.

Herr J. Schlesinger, Prof. an der k. k. Forst-Akademie zu Mariabrunn hinterlegt ein versiegeltes Schreiben mit der Aufschrift „Geodätisches" zur Wahrung seiner Priorität.

Herr Prof. Dr. H. Hlasiwetz legt folgende vier Mittheilungen aus dem chemischen Laboratorium der Universität Innsbruck" vor:

14. „Über einige Derivate der Dioxybenzoësäure", von den Herren L. Barth und C. Senhofer;
15. „Über Toluoldisulfosäure und einige Abkömmlinge derselben", vom Herrn C. Senhofer;
16. „Über die Einwirkung von schmelzendem Kali auf Benzoësäure", vom Herrn L. Barth;
17. „Über Sulfoparaoxybenzoësäure", vom Herrn R. Kölle.

Herr Prof. Hlasiwetz übergibt ferner eine für den Anzeiger bestimmte vorläufige Mittheilung über eine Anzahl von Verbindungen, welche aus der Einwirkung von Schwefelkohlenstoff und Ammoniak auf verschiedene Amide, Aldehyde und Alkohole hervorgehen.

Der Secretär v. Schrötter macht eine Mittheilung über den von Stokes ausgehenden Vorschlag, die Arbeiter in den Quecksilberwerken durch Schwefel vor der schädlichen Einwirkung der Quecksilberdämpfe zu schützen, und über seine hiedurch veranlassten eigenen Versuche.

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Annalen der Chemie & Pharmacie, von Wöhler, Liebig & Kopp. N. R. Band LXXXVII, Heft 1. Leipzig & Heidelberg, 1872; 8°.

Apotheker-Verein, allgem. österr.: Zeitschrift. 10. Jahrgang, Nr. 18—19. Wien, 1872; 8°.

Astronomische Nachrichten. Nr. 1894 (Bd. 79. 22.). Altona, 1872; 4°.

Beobachtungen, Meteorologische, angestellt in Dorpat im Jahre 1871. VI. Jahrgang, II. Bd, 1. Heft. Dorpat, 1872; 8°.

Carl, Ph.: Siehe Repertorium.

Comitato, R., Geologico d'Italia: Bollettino. Anno 1872, Nr. 3 & 4. Firenze, 1872; 8°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXIV, Nrs. 24—25. Paris, 1872; 4°.

Des Moulins, Charles, Fragments zoologiques. Nr. I—II. Bordeaux, 1872; 8°.

Fritsch, Anton, Cephalopoden der böhmischen Kreideformation. (Veröffentlicht mit Subvention des Comités für die Landesdurchforschung von Böhmen.) Prag, 1872; 4°.

Gelehrten-Gesellschaft, Serbische, zu Belgrad: Glasnik. Bd. XXXII & XXXIII. Belgrad, 1871 & 1872; 8°.

Gesellschaft, österr., für Meteorologie: Zeitschrift. VII. Band, Nr. 12. Wien, 1872; 4°.

— k. k. mähr.-schles., zur Beförderung des Ackerbaues, der Natur- & Landeskunde: Mittheilungen. 1871. LI. Jahrgang. Brünn; 4°. — Notizen-Blatt der histor.-statist. Section. 1871. Brünn; 4°.

Gesellschaft, Astronomische, in Leipzig: Vierteljahrsschrift. VII. Jahrgang, 2. Heft. Leipzig, 1872; 8°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXIII. Jahrg. Nr. 25—26. Wien, 1872; 4°.

Istituto, Reale, Lombardo di Scienze e Lettere: Memorie. Classe di Lettere e Scienze morali e politiche: Vol. XII (III. della serie III.), Fasc. 2. Milano, 1871; 4°; Classe di Scienze matematiche e naturali. Vol. XII (III. della serie III.) Fasc. 2—4. Milano, 1871 & 1872; 4°. — Rendiconti. Serie II. Vol. III., fasc. 16—20. (1870); Vol. IV., fasc. 1—20. (1871); Vol. V., fasc. 1—7. (1872.) Milano; 8°. — Atti della fondazione scientifica Cagnola. Vol. V., fasc. 2—3. 1870—1871. Milano; 8°.

Jahrbuch über die Fortschritte der Mathematik, von C. Ohrtmann, F. Müller, A. Wangerin. II. Band. Jahrgang 1869 & 1870, Heft 1. Berlin, 1872; 8°.

Journal für praktische Chemie, von H. Kolbe. N. F. Band V, 9. Heft. Leipzig, 1872; 8°.

Landbote, Der steirische. 5. Jahrgang, Nr. 13. Graz, 1872; 4°.

Mittheilungen aus J. Perthes' geographischer Anstalt. 18. Band, 1872, Heft VI. Gotha; 4°.

Moniteur scientifique. 3ᵉ Série. Tome II. 366ᵉ Livraison. Paris, 1872; 4°.

Museum-Verein, Siebenbürgischer: Jahrbücher. VI. Band, 1. Heft. Kronstadt, 1872; 4°.

Nature. Nrs. 138—139. Vol. VI. London, 1872; 4°.

Repertorium für Experimental-Physik etc., von Ph. Carl. VIII. Band, 1. Heft. München, 1872; 8°.

„Revue politique et littéraire" et „La Revue scientifique de la France et de l'étranger". Iʳᵉ Année (2ᵉ Serie). Nrs. 52—53. Paris & Bruxelles, 1872; 4°.

Société Impériale de Médecine de Constantinople: Gazette médicale d'Orient. XVIᵉ Année, Nrs. 1—2. Constantinople, 1872; 4°.

Society, The Royal Geographical, of London: Proceedings. Vol. XVI, Nr. 2. London, 1872; 8°.

Verein für Landeskunde von Niederösterreich: Blätter. N. F. V. Jahrgang, Nr. 1—12. Wien, 1871; 8°. — Topographie von Niederösterreich. Heft 1—3. Wien, 1871; 4°.

— für Naturkunde zu Cassel: XVI., XVII. & XVIII. Bericht. 1866—1871. Cassel, 1871; 8°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXII. Jahrgang, Nr. 24—25. Wien, 1872; 4°.

Zeitschrift für Chemie, von Beilstein, Fittig & Hübner. XIV. Jahrgang. N. F. VII. Band, 22. Heft. Leipzig, 1871; 8°.

Über die Ursache des hohen Absonderungsdruckes in der Glandula submaxillaris.

Von **Ewald Hering,**

Professor der Physiologie in Prag.

Als ich das erste Mal den berühmten Versuch Ludwig's wiederholte, womit derselbe bewies, dass der sogenannte Absonderungsdruck des Speichels grösser werden kann, als der Blutdruck, und als ich den Speicheldruck auf mehr als das Doppelte des Blutdruckes ansteigen sah, da musste ich sofort des nicht minder berühmten Versuchs von Stephan Hales gedenken, welcher mit dem Schnittende einer blutenden Weinrebe ein Manometer verband und den Secretionsdruck des Saftes noch höher steigen sah, als dies bei der Speichelsecretion der Fall ist. Der Gedanke, dass hier wie dort im wesentlichen dieselben Kräfte im Spiele seien, hatte für mich so viel Ansprechendes, dass ich denselben seitdem fast wie eine Überzeugung gehegt habe, umsomehr als sich mir von Jahr zu Jahr neue Gründe für die Richtigkeit desselben aufdrängten und er für mich der Ausgangspunkt von Betrachtungen wurde, welche sich allmälig auf das ganze grosse Gebiet der thierischen Bewegungserscheinungen ausdehnten.

Obwohl ich nun bereits seit mehr als drei Jahren die Hauptpunkte desjenigen, was ich im Folgenden mittheilen will, meinen Schülern als eine mir wahrscheinliche Hypothese zu erörtern pflege, so habe ich doch bisher unterlassen, meine Ansichten über die Ursache der hohen Speichelspannung auch durch den Druck zu veröffentlichen, weil ich mancherlei Versuche, die ich zum weiteren Beweise wünschenswerth fand, bisher noch nicht anstellen, beziehentlich nicht oft genug wiederholen konnte, doch aber die Richtigkeit meiner Hypothese nach allen Seiten hin erproben wollte, ehe ich damit vor die Öffentlichkeit träte.

Wenn ich trotzdem jetzt die leitenden Gedanken einer eigentlich unvollendeten Arbeit den Fachgenossen vorlege, so geschieht es, weil ich einerseits das Ende derselben vorerst nicht absehen kann, und weil ich anderseits mit dieser Mittheilung der Veröffentlichung des zweiten Theiles einer Arbeit von Wilhelm Engelmann (Die Hautdrüsen des Frosches. Pflüger's Arch. f. Physiol. V. S. 498) zuvorkommen möchte, welcher auf einem ganz andern Wege zu ähnlichen Resultaten zu kommen scheint, wie ich selbst. Ich möchte, noch unbeeinflusst von dem, was jener tüchtige Forscher vorbringen wird, meine eigene Ansicht darlegen, damit für den Fall, dass wir beide übereinstimmen sollten, dieser Einklang der auf verschiedenen Wegen gewonnenen Ergebnisse für die Wahrscheinlichkeit ihrer Richtigkeit mit in die Wagschale falle.

Wie der Stamm einer Pflanze seine Wurzeln in den feuchten Boden, so sendet der Ausführungsgang einer Speicheldrüse seine zahlreichen Zweige in das von Flüssigkeit durchtränkte Gewebe. Beide entnehmen mit ihren Endorganen ihrer feuchten Umgebung Flüssigkeit, überführen dieselbe ins Innere und leiten sie durch die Saftbahnen weiter; bei beiden sind es die Zellen, welche diese Überführung der Flüssigkeit besorgen, beziehentlich deren chemische Zusammensetzung mit bestimmen, bei beiden kommt eine Triebkraft zur Geltung, welche als vis a tergo den Saft vorwärts treibt und dabei unter Umständen verhältnissmässig hohe Widerstände überwindet. Der Gedanke, dass in beiden Fällen das eigentliche Wesen der Triebkraft dasselbe sei, möge dieselbe auch in verschiedener Weise zur Verwendung kommen, lag also nahe genug.

Die Pflanzenphysiologie ist, obwohl beim Saftauftrieb viel verwickeltere Verhältnisse in Betracht kommen, bereits zu Hypothesen über das Wesen der erwähnten Triebkraft oder sogenannten Wurzelkraft gelangt, welche das Aufsteigen des Saftes nur als die Wirkung von Kräften erscheinen lassen, die wir auch sonst bei der Endosmose, Imbibition und Quellung zur Wirkung kommen sehen, Kräfte, die wir bereits experimentell so weit beherrschen, um die Gesetze, nach denen sie wirken, erforschen zu können.

Die Thierphysiologie dagegen spricht von jener Kraft, welche den Speichel in seine Ausführungsgänge eintreibt, noch immer als von einer geheimnissvollen Absonderungskraft, und während die sogenannte Wurzelkraft für den Pflanzenphysiologen nur noch ein kurzer bezeichnender Ausdruck für eine Summe von Einzelkräften ist, von deren Wesen und Wirkungsweise er bestimmte physikalische Vorstellungen hat, liegt über der Absonderungskraft derselbe geheimnissvolle Schleier wie über der Contractilität. Beide erscheinen in der Thierphysiologie wie zwei Dinge sui generis, für welche jeder sichere Anknüpfungspunkt an andere bekannte Naturkräfte fehlt.

Es liegt nun nicht in meiner Absicht, hier hypothetische Betrachtungen über den Absonderungsprocess überhaupt anzustellen, sondern ich will nur jene von Ludwig entdeckte Thatsache besprechen, dass der Speicheldruck den Blutdruck in der Aorta bedeutend übersteigen kann. Wie kann dieser Druck entstehen?

Das Nächstliegende ist offenbar, anzunehmen, dass in der Drüse ein Stoff gebildet wird, welcher das endosmotische Gleichgewicht zwischen der in den Drüsenzellen enthaltenen und der die Bläschen umspülenden Flüssigkeit derart ändert, dass jetzt dem Volumen nach mehr in die Bläschen aufgenommen als abgegeben wird, oder, wenn man sich mit einem einseitigen osmotischen Strome begnügen will, dass Flüssigkeit endosmotisch aus der Umgebung eingesaugt wird. Bei näherer Erwägung dieses Gedankens aber stösst man bald auf eine Schwierigkeit. Sie liegt in dem geringen Inhalte des Speichels an festen Stoffen und dürfte wohl mit ein Grund sein, warum der erwähnte Gedanke noch keine weitere Ausführung gefunden hat.

Diese Schwierigkeit aber ist nur eine scheinbare; denn sie besteht nur insoweit, als es sich um die im Speichel enthaltenen Krystalloidstoffe handelt. Enthält derselbe aber eine Colloidsubstanz, so gibt uns das ganz enorme Quellungsvermögen dieser Substanzen einen Leitpunkt für die weitere Untersuchung. Schon Pflüger hat auf diese Möglichkeit aufmerksam gemacht, ohne jedoch weitergehende Betrachtungen daran zu knüpfen. Er sagt in seiner Abhandlung „über die Endigungen der Absonderungsnerven in der Speicheldrüse“ Seite 4:

„Man konnte sich sehr wohl denken, dass die gesteigerte Zufuhr von Sauerstoff die Verbrennungsprocesse in der Drüse mächtig anrege, so dass, wie Ludwig gefunden, die gestiegene Temperatur in derselben alsbald um einen Grad höher als in der zuführenden Carotis sich erweisen durfte. Es liess sich sogar hiermit in Einklang bringen, dass der Druck, mit welchem der Speichel hervorquoll, höher war als der des Blutes in dem Aortensystem. Man brauchte nur die Annahme zu machen, dass unter dem Einflusse der vermehrten Verbrennung sehr schwer diffundirende Stoffe von sehr hohem endosmotischen Äquivalent gebildet wurden. Ich habe gefunden, dass solche wirklich in der *Gl. submaxillaris* enthalten sind. Hiefür könnte ich die von mir beobachtete Thatsache anführen, dass eine ganz frische Drüse des Kaninchens, welche in der Quellung wegen der Lockerheit des Bindegewebes nicht behindert ist, und in ein schmales verschlossenes Gläschen mit einem kleinen Volumen destillirten Wassers oder verdünnter Chromsäure von $1/_{50}$ Pct. gelegt wird, dieses vollständig in sich ansaugt.“ .... „Alle diese Möglichkeiten schneidet der weitere Versuch von Ludwig ab, demzufolge sogar am abgeschnittenen Kopfe noch die Reizung des Drüsennerven Absonderung hervorruft.“

Der Submaxillarspeichel enthält nun in der That einen Colloidstoff im Zustande höchster Aufquellung, nämlich das Mucin, und wenn es gelänge nachzuweisen, dass die Kraft, mit welcher selbst ein bereits so stark gequelltes und gleichsam höchst verdünntes Mucin das Wasser festhält oder anzieht, ebenso gross oder grösser ist, als der Speicheldruck, so hätte eine Hypothese, welche die Triebkraft der Speichelsecretion in dem Quellungsvermögen dieser Substanz sucht, gewiss grosse Wahrscheinlichkeit für sich.

Ehe ich aber näher hierauf eingehe, ist ein weiterer Einwand zu beseitigen, welcher vielleicht auch bisher davon abgehalten hat, den hier dargelegten Gedankengang weiter zu verfolgen. Die meisten Secrete enthalten gar nicht Mucin oder einen andern Colloidstoff, welcher in ebenso auffallender Weise dem Secrete den Charakter einer stark aufgequollenen Colloidsubstanz gäben, wie das Mucin dem Submaxillarspeichel, ja schon der Parotidenspeichel ist viel dünnflüssiger und mucinfrei, wenngleich er andere Colloidstoffe enthält. Dagegen gibt es aber auch kein Secret, welches bei erschwertem Abflusse so hohe Widerstände zu überwinden vermag, wie der Submaxillarspeichel (und der Schleim), vielmehr bleibt die Maximalspannung, welche die andern Secrete in der Drüse anzunehmen vermögen, vielfach

hinter demjenigen Blutdrucke zurück, welchen wir in den Capillaren einer thätigen Drüse annehmen dürfen.

Über die Maximalspannung des Parotidenspeichels haben wir leider nur einige beiläufige Angaben, aus welchen übrigens auch hervorgeht, dass dieselbe viel kleiner ist als die des Submaxillarspeichels.

Ich hatte vor drei Jahren die interessante Gelegenheit, die maximale Spannung des Parotidenspeichels an einem Menschen festzustellen, welcher eine Speichelfistel besass, und an welchem ich in Gemeinschaft mit Herrn Dr. Kratschmer eine Reihe von Experimenten anstellte, die leider durch den plötzlichen Abgang des Patienten unterbrochen wurden. Aus den Ergebnissen dieser Untersuchung will ich einiges anführen, was in näherer Beziehung zu den hier erörterten Fragen steht.

Die Fistel war insofern für das Experiment sehr günstig, als sie eine sehr feine Öffnung besass, welche in einen etwas weiteren Gang führte. Die Olive einer feinen Knopfsonde konnte mit einiger Gewalt durch die Öffnung hineingedreht werden und sass dann ganz fest. Durch fortschreitende Anwendung immer stärkerer Knopfsonden wurde die Öffnung so lange erweitert, bis endlich eine mit einem Knopf versehene Canüle eingeführt werden konnte, welche mit einem Manometer in Verbindung stand. Der Knopf der Canüle verschloss so fest die Öffnung, dass selbst bei einem grossen Überdrucke des Quecksilbers im aufsteigenden Schenkel kein Tropfen der Flüssigkeit ausfloss, mit welcher der nicht vom Quecksilber eingenommene Theil des Manometers gefüllt war. Dieser Knopf drückte nämlich, wenn er einmal durch die enge Öffnung eingeführt war, ventilartig von innen her gegen den Rand der Öffnung um so stärker, je höher die Spannung der Flüssigkeit im Fistelgange stieg.

Es wurde nun zunächst festgestellt, dass der Fistelgang keine Communication mit der Mundhöhle hatte; dieses ergab sich daraus, dass, wenn der Abfluss des Speichels aus der Fistelöffnung gehindert wurde, sich kein Speichel auf die innere Fläche der Wange ergoss, und dass ebenso keine Flüssigkeit dahin gelangte, wenn man Wasser unter ziemlich hohem Drucke in die Fistelöffnung eintrieb.

Unter den verschiedenen Mitteln, welche angewendet wurden, um die Speichelabsonderung anzuregen, ergab sich als das wirksamste das Kauen irgend einer festen Speise; auf andere Weise war weder eine so ergiebige, noch eine so andauernde Secretion zu erzielen. War nun das Manometer mit dem Fistelgange in Verbindung gesetzt, und begann der Patient zu kauen, so stieg rasch das Quecksilber im aufsteigenden Schenkel; dabei oscillirte es gewaltig, weil jedes Zusammenpressen der Kiefer zugleich die Drüse unter einen erhöhten Druck setzte und den Speichel

gewaltsam aus den Gängen drückte, während beim Aufhören dieses Druckes wieder etwas Speichel in die Gänge zurückfloss. Diese Oscillationen konnten gleichwohl das rasche Ansteigen des Quecksilbers nicht der Beobachtung entziehen. Sehr bald aber zeigte sich, dass das Ansteigen seine Grenze erreicht hatte, und dass die Oscillationen des Quecksilberniveau's im aufsteigenden Schenkel einen nunmehr ziemlich unveränderlichen Mittelpunkt hatten, welcher circa 30 Mm. über dem Quecksilberniveau des absteigenden Schenkels lag. Liess man das Kauen plötzlich aussetzen, so kam das Quecksilber rasch zur Ruhe und zeigte einen Stand von etwa 30 Mm., sank aber allmälig wieder, wenn die Secretion nicht von neuem angeregt wurde, weil der secernirte Speichel in die Drüse zurückgetrieben und in das umgebende Gewebe filtrirt wurde. Die Folgen dieser Filtration äusserten sich darin, dass bei jedem länger dauernden Versuche, wobei der Speichelabfluss gehemmt war, die Parotidengegend anschwoll.

Beiläufig sei bemerkt, dass, sobald die Drüse in Thätigkeit gerieth, sich dies nicht blos durch ein Steigen des Quecksilbers, sondern auch dadurch verrieth, dass dieses Steigen mit rhythmischen Beschleunigungen oder kleinen Oscillationen erfolgte, welche mit dem Pulse synchronisch waren. Dieses Pulsiren war am Quecksilberniveau auch dann zu bemerken, wenn dasselbe in Folge der Secretion seinen höchsten Stand erreicht hatte, schwand aber sofort, sobald der Secretionsprocess aufhörte, und wurde an dem mit der ruhenden Drüse verbundenen Manometer nie wahrgenommen. Es beweist dies, dass in der Parotis ebenso wie in der Submaxillardrüse während der Secretion eine so starke Gefässerweiterung eintritt, dass die Pulswelle bis auf den Drüseninhalt übertragen wird. Selbstverständlich konnte dieses Pulsiren des Quecksilbers nur in den Zwischenpausen der Kaubewegungen beobachtet werden, weil während der letzteren die starken Schwankungen des Quecksilbers das Pulsiren verdeckten.

Übrigens hatte das Secret alle Eigenschaften eines normalen Parotidenspeichels.

Die Thatsache, dass der Speicheldruck in der Parotis nur bis zu etwa 30 Mm. anstieg, beweist allerdings nicht, dass die Kraft, mit der der Speichel aus den secernirenden Elementen in die Gänge eingetrieben wird, nur diesem Drucke gleichkomme. Sind nämlich die Widerstände für die Rückfiltration des Speichels nicht unüberwindlich, so wird die obere Grenze der Speichelspannung erreicht sein, sobald in der Zeiteinheit gleichviel filtrirt wie secernirt wird, Abfluss und Zufluss sich das Gleichgewicht halten, wobei freilich angenommen werden muss, dass die Wege des Filtrationsstromes ganz andere sind, als die des Imbibitionsstromes. Dass in der That der Parotidenspeichel leicht durch die Drüse ins umgebende Gewebe zurückfiltrirt wird, beweist das

Sinken der während der Secretion auf das Maximum gestiegenen Quecksilbersäule, sobald die Thätigkeit der Drüse aufhört.

Jedenfalls aber folgt aus der geringen Maximalspannung des Parotidenspeichels, dass unser oben aufgestellter Satz, nach welchem alle nicht mucinhaltigen Secrete bei gehemmten Abflusse keine so hohe Spannung annehmen wie der Submaxillarspeichel, auch für den menschlichen Parotidenspeichel seine Giltigkeit hat, und offenbar läge für die Annahme, dass auch bei der Secretion der Parotis eine ebenso grosse Secretionskraft mit ins Spiel komme, nur dann ein Grund der Analogie vor, wenn eben nachgewiesen würde, dass in der Submaxillardrüse nicht die starke Wasserattraction des in der Drüse gebildeten Mucins, sondern eine andere Kraft die Quelle des hohen Speicheldruckes sei.

Was ferner Manchen davon abgehalten haben mag, den oben ausgesprochenen Gedanken weiter zu verfolgen, ist der Umstand, dass man sich unter der Quellung meistens einen sehr langsam ablaufenden Vorgang denkt, während doch die Secretion der Submaxillardrüse angeblich unmittelbar nach Eintritt der Reizung beginnt. Indessen macht man sich von der Geschwindigkeit dieses Eintrittes doch hie und da eine übertriebene Vorstellung, und wenn z. B. Pflüger (l. c. S. 6) sagt, dass, wenn er den sehr vorsichtig präparirten Drüsennerven nach längerer Ruhe plötzlich tetanisirte, der Speichel „eben so plötzlich" in einem Strahle hervorgeschossen sei, so darf dieses nicht wörtlich genommen werden, schon deshalb nicht, weil Pflüger die Zeit zwischen Reizung und Beginn des Ausflusses nicht gemessen hat. Ludwig fand den Zeitraum vom Beginn der Reizung bis zur bemerkbaren Hebung der Quecksilbersäule 4—24 Secunden lang, gibt aber selbst die Gründe an, warum dieser Zeitraum viel länger gefunden wurde, als er wirklich ist. An der Öffnung des eingeschnittenen Speichelganges schien ihm ebenso wie Pflüger öfters der erste Tropfen „fast momentan mit der Reizung" hervorzutreten.

Der Submaxillar-Speichel ist immer mehr oder weniger zähflüssig und schiebt sich also nur schwer in der Drüse vorwärts. Dieses hat zur wahrscheinlichen Folge, dass die zuerst gebildete Speichelportion sich dadurch Raum schafft, dass sie die Lumina der Drüsenbläschen und der kleineren Ausführungsgänge etwas

erweitert, daher denn die eigentliche Secretion schon begonnen haben kann, ehe noch etwas aus der Speichel-Canüle ausfliesst. Dieser Übelstand lässt sich jedoch ziemlich vermeiden, und der durch ihn bedingte Fehler auf ein Minimum herabdrücken, wenn man die von mir angewandte Versuchsweise wählt.

Ich verband den eröffneten Speichelgang einer Submaxillardrüse des Hundes wasserdicht mit dem Fick'schen Federmanometer, welchem ich im Interesse der leichteren Füllung des zwischen Feder und Speichelgang befindlichen Schaltstückes und um in der Feder selbst schon vor dem Versuche eine beliebige Spannung erzeugen zu können, eine etwas abgeänderte Einrichtung gegeben habe. Um nun zu vermeiden, dass die zuerst abgesonderte Speichelportion nicht in der oben geschilderten Weise sich Platz verschaffte, und um zu erreichen, dass so zu sagen die durch den secernirten Speichel erzeugte positive Welle sich mit grösstmöglicher Geschwindigkeit bis zum Manometer fortpflanzen könne, wurde schon vor dem Versuche die Flüssigkeit im Manometer und der Speichel in dem Speichelgange unter einen Druck von 150—200 Mm. gesetzt, also so stark ausgedehnt, dass eine weitere irgend erhebliche Ausdehnung nicht zu fürchten war. Gleichwohl verflossen zwischen dem auf der Trommel elektromagnetisch verzeichneten Momente der Reizung und dem Beginn der Hebung des zeichnenden Stiftes mindestens 1·2 Secunde. Von einem momentanen Eintreten der Secretion kann man also gewiss nicht sprechen, wenn ich auch gern zugeben will, dass die von mir gefundene Dauer des Stadiums der latenten Reizung noch lange nicht die kleinstmögliche ist.

Ich gedenke diese Versuche über das Stadium der latenten Reizung der Drüsen noch weiter auszudehnen und später ausführlich darüber zu berichten.

Wenn aber auch das Stadium der latenten Reizung viel kürzer wäre, als es, wie gezeigt wurde, wirklich ist, so wäre dies doch kein Einwand gegen meine Hypothese. Denn es sind in der Drüse alle Bedingungen gegeben, um, sobald nur die das Wasser anziehende Substanz in der Drüse einmal gebildet ist, auch mit grösster Geschwindigkeit die Quellung eintreten, beziehentlich sogar sehr schnell ihr Maximum erreichen zu lassen.

Verschliesst man eine Glasröhre an einem Ende mit einem Stück thierischer Blase, füllt das zunächst über der Blase gelegene Röhrenstück mit einer schon gequollenen und daher halbflüssigen, aber noch weiter quellbaren Colloidsubstanz und bringt dann das verschlossene Röhrenende unter Wasser, so steigt allerdings die Colloidsubstanz nur äusserst langsam in der Röhre auf. Die der Blase zunächst anliegenden Theile der Colloidsubstanz entziehen der mit Wasser imbibirten oberen Blasenschichte etwas Wasser; die auf diese Weise etwas entwässerte Blasenschichte entzieht wieder der nächst unteren Schichte etwas Wasser und sofort bis zur untersten Schichte, welche den erlittenen Wasserverlust direct aus der umgebenden Flüssigkeit ersetzt. Das Wasser strömt durch die Blasenhaut, wie etwa die Wärme durch einen schlechten Leiter, und zwar um so langsamer, je dicker die Blase ist. Da nun eine thierische Blase ausserordentlich viel dicker ist, als das fast unmessbar feine Häutchen, welches die in der Drüsenzelle gebildete Colloidsubstanz von der die Drüsenbläschen umspülenden interstitiellen Flüssigkeit scheidet, so sind die Verhältnisse für die Quellung dieser Colloidsubstanz ungleich günstiger. Kaum in der Drüsenzelle gebildet, kann sie sofort auch mächtig aufquellen und durch die, dem Drüsenlumen zugekehrte Seite der Zelle in dem Maasse abströmen, als sie durch die Quellung an Volumen zunimmt. Dass sie auf dieser Seite der Zelle kein wesentliches Hinderniss für ihr Abfliessen, d. h. keine geschlossene, für Colloidsubstanzen undurchgängige Membran findet, wird weiter unten erörtert werden.

Während ferner bei dem soeben beschriebenen Quellungsversuche die unterste Schichte der Colloidsubstanz in dem Maasse, als sie durch ihre Quellung wasserhältiger wird, auch der Blase immer langsamer Wasser entzieht, das bereits aufgenommene Wasser aber nur langsam an die weiter nach oben folgende Schichte abgibt, verhält sich dies in der Drüse ganz anders. Die während der Reizung gebildete Colloidsubstanz nimmt rasch Wasser auf und fliesst aus der Zelle in das Drüsenlumen ab. Dafür wird, so lange die Reizung dauert, immer neue Colloidsubstanz gebildet, die das Wasser wieder ebenso mächtig entzieht, als die abgeflossene. Kurzum, die bereits mit Wasser mehr oder weniger gesättigte Substanz verweilt nicht, wie bei unserem

Versuche an der, sie von der Flüssigkeit trennenden Membran, sondern fliesst ab und wird durch immer neue, das Wasser begierig ansaugende Substanz ersetzt. Für die Geschwindigkeit der Flüssigkeitsaufnahme in das Innere der Drüsenbläschen sind also auch hierdurch die denkbar günstigsten Bedingungen gesetzt.

Endlich kommt noch Folgendes in Betracht: Flösse beispielsweise der Speichel während der Reizung mit einer Geschwindigkeit von 5 Mm. in der Secunde aus einem Ausführungsgange, welcher ein Quadratmillimeter im Querschnitte hätte, so wäre doch die Geschwindigkeit, mit welcher gleichzeitig die, der abgesonderten Speichelmenge entsprechende Wassermenge durch die Wände der Drüsenbläschen in die letzteren einströmt, ausserordentlich viel kleiner, weil die Gesammtoberfläche aller Drüsenbläschen ausserordentlich viel grösser ist, als der Querschnitt des Ausführungsganges. Nehmen wir z. B. an, jene Gesammtoberfläche sei 500.000mal grösser, so betrüge die Geschwindigkeit des Flüssigkeitsstromes, der durch die Wände der Drüsenbläschen eindringt, nur 0·00001 Mm. in der Secunde, während bei dem oben beschriebenen Quellungsversuche die Geschwindigkeit der Wasserströmung in der Membran [1] nur ebenso gross ist, als die Geschwindigkeit des Ansteigens der Flüssigkeit in der Röhre.

Wenn man nun bedenkt, dass man, wie ich ein anderesmal ausführlich zeigen werde, bei Benützung einer Frosch-Harnblase und einer stark quellenden Substanz leicht Strömungsgeschwindigkeiten des Wassers in der Membran bekommen kann, welche die soeben für die Speichelsecretion geforderte ausserordentlich übertreffen, so wird man in der Geschwindigkeit der Speichelsecretion gewiss keinen Beweis mehr gegen meine Hypothese finden können.

Ebensowenig dürfte die Behauptung auf Widerspruch stossen, dass unsere Hypothese eine gute Erklärung des hohen Speichel-

---

[1] Man wird nichts dagegen einwenden, dass ich hiebei der Strombahn des Wassers einen Querschnitt zuschreibe, der gleich gross ist, wie die Fläche der Membran; wir wissen über die Molecular-Vorgänge bei der Imbibition und Quellung noch zu wenig, um anders verfahren zu können.

druckes gibt, wenn man sich nur erinnert, dass die molecularen Kräfte, welche bei der Quellung ins Spiel kommen, ausserordentlich grosse sind. Kann man doch mit Erbsen gefüllte Schädel sprengen, wenn man die Erbsen quellen lässt. Hiebei handelt es sich nun freilich um die Quellung einer Substanz, welche anfangs nur wenig Wasser enthält und im populären Sinne des Wortes trocken ist, während das in der Drüsenzelle bei der Reizung entstandene Mucin jedenfalls, noch ehe es Wasser aus der Umgebung aufgenommen hat, schon sehr wasserhaltig ist. Aber man darf sich nicht vorstellen, dass eine stark quellbare Substanz das Wasser nicht auch dann noch mit grosser Kraft an sich ziehe, wenn sie schon stark wasserhaltig ist. Ich habe Colloidsubstanzen, welche schon sehr stark gequellt waren, das Wasser durch thierische Blasen hindurch so kräftig einsaugen sehen, dass ein Druck von derselben Höhe, wie der maximale Speicheldruck überwunden wurde. Noch vor kurzem habe ich Chlorhydrinimid[1], ein zu solchen Versuchen sehr geeignetes Material, welches durch eine Kaninchenblase vom destillirten Wasser getrennt war, mit solcher Kraft quellen sehen, dass der Widerstand einer Quecksilbersäule bis zu einer Höhe von 150 Mm. überwunden wurde, obwohl die gequollene Masse zuletzt nur noch 1·1% trockene Substanz enthielt. Dabei waren aber die Bedingungen des Versuches noch so ungünstig, dass ich mit Sicherheit zu sagen wage, es werde mir gelingen, mit noch viel wasserärmeren Substanzen dasselbe Resultat zu erreichen.

Das Chlorhydrinimid befand sich nämlich in einer Glasröhre von 6 Mm. Durchmesser und erfüllte dieselbe auf eine Strecke von etwa 6 Ctm.; offenbar waren nun die untersten, dicht auf der Blase befindlichen Schichten, welche zunächst die Aufsaugung des Wassers durch die Blase vermittelten, zu Ende des Versuches viel wasserreicher als die oberen; es wurde aber wegen der geringen Menge des zu erwartenden trockenen Rückstandes die ganze Substanz zur Bestimmung verwendet und deshalb ein eigentlich zu hoher Procentgehalt an Trockensubstanz gefunden.

---

[1] Diese durch ihr hohes Quellungsvermögen ausgezeichnete Substanz wurde vor kurzem von Ad. Claus gefunden (Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft. V. Jahrg. S. 352) und zum Zwecke der erwähnten Versuche von Herrn Dr. Richard Pribram dargestellt.

Zweitens war die Blase, welche über das schwach trichterförmig erweiterte Ende der Röhre gespannt war, in Folge des langdauernden hohen Gegendruckes schon sehr stark ausgedehnt und daher ihr Filtrationswiderstand gewiss wenigstens stellenweise stark herabgesetzt. Da nun der Versuch als abgeschlossen zu betrachten war, sobald das Quecksilber im Manometer nicht mehr stieg, also die Quellung wenigstens scheinbar nicht weiter fortschritt, so wurde wahrscheinlich nur derjenige Druck bestimmt, bei welchem Filtration und Imbibition sich quantitativ das Gleichgewicht hielten; ein grösserer Filtrationswiderstand der Blase würde also auch aller Voraussicht nach eine noch weiter fortgesetzte Quellnng und weiteres Ansteigen des Quecksilbers bedingt haben.

Es bleibt mir jetzt nur noch übrig, einen Einwand zu widerlegen, den diejenigen erheben könnten, welche etwa annehmen, dass die Drüsenzellen auch vom Lumen des Drüsenbläschens durch eine Membran abgeschlossen sind. — Unsere Hypothese verlangt, dass die Drüsenzellen nach aussen hin durch eine Membran von der die Drüsenbläschen umspülenden interstitiellen Flüssigkeit geschieden sind, welche, wie alle thierische Membranen zwar Wasser und gewisse gelöste Krystalloidstoffe durchlässt, aber gequollene Colloidsubstanzen wenigstens innerhalb gewisser Grenzen des Filtrationsdruckes nicht filtriren lässt; sie verlangt aber andererseits, dass die Drüsenzellen nach innen keinen solchen membranösen Verschluss haben, vielmehr dem in ihrem Innern gebildeten, stark aufquellenden Mucin freien Abfluss ins Drüsenlumen gestatten. Dieser Annahme nun steht gar nichts entgegen, da der Beweis eines vollständig membranösen Abschlusses der Zelle nicht geliefert ist, und vielmehr das Gegentheil nach zahlreichen Analogien die höchste Wahrscheinlichkeit für sich hat.

Die Epithelzellen der Schleimhäute bilden durch sogenannte Mucinmetamorphose ihres Inhaltes ebenfalls Schleim, und dieser fliesst aus der Zelle leicht ab; man braucht nur etwas frische Schleimhaut vom Frosche, mit Wasser versetzt, mikroskopisch zu beobachten, um zu sehen, wie aus der freien Oberfläche der Epithelzellen Tropfen einer schleimigen, durch Essigsäure sich trübenden Flüssigkeit abfliessen. Ich sah dasselbe an niederen Thieren (z. B. bei Anneliden), welche wegen ihrer Kleinheit oder Durchsichtigkeit sich lebend unter dem Mikroskope beobachten lassen. Sie secerniren aus ihren sogenannten einzelligen

Drüsen, deren jede einzelne sich einer Epithelzelle der Schleimhaut vergleichen lässt, eine schleimige Flüssigkeit in einer, ihr eigenes Volumen weit übertreffenden Quantität, und man sieht dieses Secret durch die Öffnung der einzelligen Drüse ausfliessen. In ganz analoger Weise, wie bei den genannten Fällen, dürfte es sich bei den Speichelzellen verhalten und zum mindesten liegt keinerlei Wahrscheinlichkeit für das Gegentheil vor.

Dass aber anderntheils die Speichelbläschen vollständig abgeschlossen sind und Colloidsubstanzen selbst bei hohem Drucke nicht durchlassen, lehren Injectionsversuche, welche Herr Dr. Kratschmer im Jahre 1869 auf meine Veranlassung anstellte; er injicirte unter hohem und dauerndem Drucke sogenanntes lösliches Berlinerblau in den Ausführungsgang der Submaxillardrüse und fand zwar, dass die Injectionsmasse zwischen die Zellen der Speichelbläschen eindringen, sie auch stellenweise von ihrer Grundmembran abdrängen kann, dass aber nie die Injectionsmasse den Acinus verlässt. Bei diesen Versuchen ergab sich, beiläufig bemerkt, auch, dass capillare, die Drüsenzellen umspinnende, den Gallencapillaren analoge Canälchen, wie sie Boll[1] gefunden haben wollte, in der Speicheldrüse nicht existiren, was ich hier zur Bestätigung der neueren Angaben über diesen Gegenstand mit anführen will.

Schon durch diese aphoristischen Bemerkungen glaube ich dargethan zu haben, dass meine Hypothese über die Ursache des Speicheldruckes in der Submaxillardrüse eine hohe Wahrscheinlichkeit für sich hat; die ausführlichere Begründung und Mittheilung der experimentellen Belege behalte ich mir vor. Übrigens aber lege ich auf die Hypothese besonders deshalb Gewicht, weil sie sehr fruchtbar ist und zu einer Reihe bestimmter Fragen führt, welche experimentelle Beantwortung zulassen. Einige die-

[1] Beiträge zur mikroskopischen Anatomie der acinösen Drüsen Berlin 1869. Inaugural-Dissertation.

ser Fragen können schon jetzt auf Grund der vorliegenden Versuchsergebnisse anderer Forscher, insbesondere Ludwig's und Heidenhain's beantwortet werden; andere, sich jetzt gleichsam von selbst ergebende Fragen sind dagegen zeither nicht einmal aufgeworfen worden, und ihre Beantwortung verspricht, wie sie auch ausfallen möge, interessante Aufschlüsse über den Mechanismus und Chemismus der Speichelsecretion.

XIX. SITZUNG VOM 11. JULI 1872.

Der Secretär legt folgende eingesendete Abhandlungen vor:

„Note über die Zugeordneten der Functionen X_n^m" und „Einige neue Eigenschaften der Functionen X_n^m", vom Herrn Prof. L. Gegenbauer in Krems.

„Über den Zustand gesättigter und übersättigter Lösungen", vom Herrn Prof. Dr. Al. Handl in Lemberg.

Herr Director Dr. J. Stefan überreicht eine Abhandlung: „Über die Eigenschaften der Schwingungen eines Systems von Punkten".

Herr Dr. Jos. Nowak legt eine Abhandlung: „Über den Nachweis giftiger Pflanzenstoffe bei forensischen Untersuchungen" vor.

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Accademia Olimpica di Vicenza: Atti. 1° e 2° Semestre 1871; Atti del Consiglio Academico 5 Marzo 1872. 8°.

— Gioenia di scienze naturali di Catania: Atti. Serie III^a. Tome V. Catania, 1871; 4°.

Akademie der Wissenschaften, Königl. Preuss., zu Berlin. Monatsbericht. März 1872. Berlin; 8°.

— — Königl. Bayer., zu München: Sitzungsberichte der philos.-philolog.-histor. Classe. 1871, Heft V & VI; 1872, Heft I. München, 8°.

Astronomische Nachrichten. Nr. 1895—1896. (Bd. 79, 23—24.) Altona, 1872; 4°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXIV, Nr. 26. Paris, 1872; 4°.

Gesellschaft, österr., für Meteorologie: Zeitschrift. VII. Band, Nr. 13. Wien, 1872; 4°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXIII. Jahrgang, Nr. 27—28. Wien, 1872; 4°.

Istituto, R., Veneto di Scienze, Lettere ed Arti: Atti. Tomo I^a. Serie IV^a, Disp. 6^a. Venezia, 1871—72; 8°.

Landbote, Der steirische. 5. Jahrgang, Nr. 14. Graz, 1872; 4°.

Lanzillo, Vincenzo, Navigazione atmosferica con un aerostato-battello-vapore. Torino, 1872; kl. 4°.

Lotos. XXII. Jahrgang, Mai 1872. Prag; 8°.

Nature. Nr. 140, Vol. VI. London, 1872; 4°.

Osservatorio del R. Collegio Carlo Alberto in Moncalieri: Bullettino meteorologico. Vol. VI, Nr. 6. Torino, 1872; 4°.

Respighi, Lorenzo, Osservazione dell' eclisse totale del 12 Decembre 1871 a Poodoocottah nell'Indostan. Roma, 1872; 4°. — Sulla Nota del prof. P. Secchi intitolata: Sull' ultima eclisse del 12 Dicembre 1871. 4°.

„Revue politique et littéraire“ et „La Revue scientifique de la France et de l'étranger“. 2me Année, (2e Série) Nr. 1. Paris & Bruxelles, 1872; 4°.

Scarenzio, Pietro, Giuseppe Belli. Commemorazione. Pavia, 1872; 8°.

Société Entomologique Belge: Annales. Tomes I—XIV. Bruxelles, 1857—1871; 8°.

— Malacologique de Belgique: Annales. Tomes I—V, Années 1863—1870. Bruxelles; 8°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXII. Jahrgang, Nr. 27. Wien, 1872; 4°.

Zeitschrift des österr. Ingenieur- & Architekten-Vereins. XXIV. Jahrgang, 9. Heft. Wien, 1872; 4°.

XX. SITZUNG VOM 18. JULI 1872.

Der Secretär legt folgende eingesendete Abhandlungen vor:

„Über Kieselsäurehydrate", vom Herrn Prof. Dr. J. Gottlieb in Graz.

„Untersuchungen aus Prof. Lieben's Laboratorium an der k. k. Universität zu Prag, und zwar:

1. „Berichtigung einiger falscher Angaben über Entstehung von Chloroform", vom Herrn Ag. Bělohoubek;
2. „Analyse eines als Hüttenproduct erhaltenen Magneteisensteins", vom Herrn Ottomar Völker;
3. „Analyse eines neuen Minerals, des Syngenits aus Kalusz" von demselben;
4. „Analyse des Epidots aus dem Untersulzbachthale in Salzburg", vom Herrn Franz Kottal.

Herr Hauptmann J. Gleissner zu M.-Weisskirchen berichtet mit Schreiben vom 21. Juni über einen an einem gemeinen Hasen *(Lepus timidus)* beobachteten Defect des Gehörorgans.

Herr Director Dr. J. Stefan legt eine Abhandlung des Herrn Dr. L. Boltzmann in Graz: „Über das Wirkungsgesetz der Molecularkräfte" vor.

Der klinische Vorstand, Herr Dr. L. v. Schrötter, überreicht eine Abhandlung, betitelt: „Beobachtungen über Bewegung der Trachea und der grossen Bronchien mittelst des Kehlkopfspiegels".

Der Generalsecretär A. v. Schrötter legt einen Nachtrag zu der in der Sitzung vom 16. Mai gemachten Mittheilung über ein zweckmässiges Verfahren zur Gewinnung des Tellurs aus der Tellurschliche von Nagyág vor.

In der Gesammtsitzung am 20. Juli wurden folgende eingesendete Abhandlungen vorgelegt:

„Studien zur Physiologie des Herzens und der Blutgefässe. II. Abhandlung: „Über reflectorische Beziehungen des Magens zu den Innervationscentren für die Kreislauforgane", von den Herren Dr. Sigm. Mayer und Dr. Alfr. Přibram, Privatdocenten in Prag.

„Beobachtungen und Reflexionen über den Bau und die Verrichtungen des sympathischen Nervensystems", vom Herrn Dr. Sigm. Mayer.

„Über den Einfluss des Halsmarkes auf die Schlagzahl des Herzens", vom Herrn Dr. Philipp Knoll, Privatdocenten in Prag.

„Über die Veränderungen des Herzschlages bei reflectorischer Erregung des vasomotorischen Nervensystems, sowie bei Steigerung des intracardialen Druckes überhaupt", von demselben.

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Akademie, Südslavische, der Künste und Wissenschaften. Rad. Knjiga XX. U Zagrebu, 1872; 8°. — *Monumenta spectantia historiam Slavorum meridionalium. Vol. III.* U Zagrebu, 1872; 8°.

Apotheker-Verein, allgem. österr.: Zeitschrift. 10. Jahrgang, Nr. 20. Wien, 1872; 8°.

Bibliothèque Universelle et Revue Suisse: Archives des Sciences physiques et naturelles. N. P. Tome XLIVe, Nr. 174. Génève, Lausanne & Paris, 1872; 8°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXV, Nr. 1. Paris, 1872; 4°.

Geschichte der Wissenschaften in Deutschland. Neuere Zeit. XI. Bd. Geschichte der Technologie von Karl Karmarsch. München, 1872; 8°.

Gesellschaft, geographische, in Wien: Mittheilungen. Bd. XV (neuer Folge V), Nr. 6. Wien, 1872; 8°.

Journal für praktische Chemie, von H. Kolbe. N. F. Band V, 10. Heft. Leipzig, 1872; 8°.

Loisel, Achille, Procédé appliqué pour remédier au bégaiement et à tous vices de prononciation. Rouen, 1872; 8°.

Lotos. XXII. Jahrgang. Juni 1872. Prag; 8°.

Nature. Nr. 141, Vol. VI. London, 1872; 4°.

Peabody Institute: Fifth Annual Report. Juni 6. 1872. Baltimore; 8°.

„Revue politique et littéraire“ et „La Revue scientifique de la France et de l'étranger“. IIe Année (2e Série), Nr. 2. Paris & Bruxelles 1872; 4°.

Société Impériale des Naturalistes de Moscou: Bulletin. Année 1872. Tome XLV, Nr. 1. Moscou; 8°.

— Botanique de France: Bulletin. Tome XVIIIe (1871). Comptes rendus 3; Revue bibliographique. D. Paris; 8°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXII. Jahrgang, Nr. 28. Wien, 1872; 4°.

Studien zur Physiologie des Herzens und der Blutgefässe.

(Zweite Abhandlung.)

Über reflectorische Beziehungen des Magens zu den Innervationscentren für die Kreislaufsorgane.

Von Dr. Sigmund Mayer,
Privatdocent der Physiologie und Assistent am physiologischen Institute zu Prag
und
Dr. Alfred Přibram,
Privatdocent der Medicin zu Prag,

(Mit 2 Tafeln.)

Seitdem durch zahlreiche Untersuchungen der letzten Zeit der Nachweis geliefert worden war, dass die Verhältnisse der Blutcirculation durch Veränderungen in der Innervation des Herzens und der Blutgefässe wesentlich beeinflusst werden können, erschien es von hoher Wichtigkeit, alle diejenigen Localitäten auszumitteln, von denen aus, auf reflectorischem Wege, es gelingt, in irgend einer Weise die Thätigkeitsäusserungen der centralen Innervationsherde für das Herz und die Blutgefässe zu verändern. In dieser Hinsicht sind bereits eine Anzahl von Thatsachen bekannt geworden, die sowohl für unsere Auffassung von den Leistungen des Organismus überhaupt, als auch speciell für die Lösung wichtiger praktischer Fragen von hoher Bedeutung sind.

Wir wollen in den nachfolgenden Zeilen die Resultate von Versuchen mittheilen, welche wir zum Theil schon vor längerer Zeit angestellt haben. Es beziehen sich dieselben auf einige, wie uns scheint, nicht uninteressante Beziehungen zwischen Magen und den Innervationscentren für die Herzfasern im Vagus und die Vasomotoren.

Die Experimente sind in bekannter Weise mit Hilfe des Kymographion angestellt. Als Druckmesser benützten wir entweder das Quecksilbermanometer oder das Fick'sche Federmanometer.

Als Versuchsthiere dienten Hunde und Katzen; in der Mehrzahl der Versuche wurden dieselben mit Pfeilgift bis zur Lähmung der willkürlichen Musculatur vergiftet. Wir haben aber auch eine Reihe von Versuchen gemacht an Thieren, die selbständig athmeten und durch Morphium oder Opium betäubt waren.

Setzt man das Manometer in eine grössere Arterie (*A. carotis* oder *cruralis*) ein und beobachtet den Gang der Curve des Herzschlages und Blutdruckes, während man einen Reiz auf die Magenwandungen applicirt, so bemerkt man in der weitaus grössten Anzahl der Fälle ein Ansteigen des arteriellen Druckes und zu gleicher Zeit eine deutliche Verlangsamung der Pulse. Dieses Resultat erhält man sowohl an dem durch Curare bewegungslos gemachten als an dem selbständig athmenden Thiere.

Die Verlangsamung der Pulse blieb aus, sobald die *N. n. vagosympathici* am Halse durchschnitten worden waren. So wurde die Vermuthung, die sich sofort theils aus dem Aussehen der Curve, theils aus bereits bekannten Thatsachen aufdrängte, dass es sich bei der beobachteten Pulsverlangsamung um eine Reizung der *N. n. vagi* handle, zur Gewissheit erhoben. Wurde an einem Thiere, bei dem die *N. n. vagi* am Halse durchschnitten worden waren, eine Wiederholung des Versuches mit Reizung des Magens vorgenommen, so trat die Erhöhung des arteriellen Blutdruckes für sich auf. Da die Pulsverlangsamung, so lange dieselbe bei erhaltenen *N. n. vagis* zur Erscheinung kommen konnte, offenbar deprimirend auf den Blutdruck wirken musste, so war nun die Druckerhöhung eine bedeutendere. Die beschriebenen Änderungen in Herzschlag und Blutdruck überdauern mehr oder weniger lang die Reizung, durch die sie hervorgerufen werden, wie ein Blick auf die dieser Arbeit beigegebenen Curven lehrt. Diese Nachwirkung, welche beim *Vagus* länger zu dauern scheint, als bei den Vasomotoren, ist übrigens eine schon seit längerer Zeit bekannte Thatsache.

Es bedarf keiner weitläufigen Auseinandersetzung, nach welcher Richtung sich unsere Aufmerksamkeit wenden musste, um die Ursachen dieser Blutdrucksteigerung ausfindig zu machen. Eine vermehrte Leistung des Herzens war von vornherein ausgeschlossen, ebenso konnten eine Vermehrung des Inhaltes des Gefässsystemes oder eine Veränderung des Blutes und eine hierdurch bedingte Alteration der Reibungswiderstände nicht weiter in Betracht kommen. Es blieb also nur übrig, nachzusehen, inwiefern in unseren Versuchen ein vermehrter Widerstand für die Blutströmung durch Änderungen im Lumen von Blutgefässen ins Spiel kommen konnte. In dieser Hinsicht nun ist Folgendes zu bemerken.

Die Reizungen des Magens wurden in sehr verschiedener Weise vorgenommen. Entweder wurde der Magen durch Eröffnung der Bauchhöhle blossgelegt, oder durch Einführung einer Schlundsonde entweder von der Mundhöhle oder von einer Oesophagusfistel [1] aus auf die Magenwandungen eingewirkt.

Für beide Arten der Reizung musste entschieden werden, ob die beobachtete Drucksteigerung bedingt gewesen sei durch eine Störung des Blutlaufes im Magen selbst, d. h. durch eine Verengerung der kleinen Arterien des gereizten Organes, oder ob von der gereizten Stelle aus durch centripetal leitende Nerven das Centrum der vasomotorischen Fasern für andere Körperbezirke in Erregung versetzt worden sei. Die zweite Annahme wird durch folgende Versuchsergebnisse in hohem Grade wahrscheinlich gemacht.

Elektrische Reizung des Magens, welche immer mit so starken Strömen eines Du Bois'schen Schlittenapparates vorgenommen wurde, dass eine Contraction der *Muscularis* erfolgte, ergab die oben geschilderten Erscheinungen der Pulsverlangsamung und Drucksteigerung. Hiebei waren Stromschleifen auf die *Nervi*

---

[1] Beim Einführen der Schlundsonde vom Oesophagus aus haben wir des öfteren zu beobachten Gelegenheit gehabt, dass auch durch mechanische Reizung der Oesophaguswandungen (Dehnung, Quetschung) Blutdruckerhöhung und Pulsverlangsamung hervorgerufen werden können. Der ganze Verlauf der Erscheinungen machte vorwiegend den Eindruck von Reflexphänomenen.

splanchnici ausgeschlossen. Denn erstlich waren die angewandten Ströme durchaus nicht sehr stark, da wir nur ein Daniell'sches Element zur Ingangsetzung des Schlittenapparates verwendeten, und der von uns angewendete Apparat wegen einer geringen Anzahl von Windungen der Spiralen überhaupt keine sehr starken Ströme lieferte. Sodann reizten wir mit Elektroden, deren Drähte nur wenige Linien von einander abstanden. Ein in die Nähe der gereizten Stelle gebrachtes Nervmuskelpräparat vom Frosche verblieb in vollständiger Ruhe, so dass auch der Verdacht unipolarer Erregung von der Hand gewiesen werden konnte. Dass durch die locale Contraction der Magenwandung der Blutstrom in derselben derart sollte verändert worden sein, dass hieraus die Steigerung des Blutdruckes ableitbar wäre, ist ebenfalls nicht anzunehmen. Denn es ist nicht erwiesen, dass durch die Contraction der *Muscularis* der Blutstrom Änderungen in dem angeführten Sinne erfährt; die Erfahrungen von Sadler machen vielmehr das Gegentheil wahrscheinlich. Auch erscheint die Drucksteigerung viel zu bedeutend, um auf Änderungen im Blutstrome des Gefässbezirkes des Magens allein zurückgeführt werden zu können; sie übertrifft für gewöhnlich diejenige Steigerung im arteriellen Drucke, welche wir durch Compression der Aorta vor der Theilungsstelle derselben in die *A. a. iliacae* erzielen konnten.

Die Erscheinungen der Blutdrucksteigerung und der Pulsverlangsamung traten ganz in derselben Form auf, wie bei elektrischer Reizung der Magenwandungen, wenn wir letztere zwischen die Schenkel einer Pincette fassten und stark quetschten. Hiebei war es gleichgiltig, ob sich in Folge dieses Eingriffes eine Contraction der Musculatur einstellte oder nicht. Dieser einfache Versuch, den man an verschiedenen Stellen des Magens vornehmen kann, lässt sich öfters hinter einander mit demselben Erfolge wiederholen; bei starker Quetschung, wodurch natürlich die Reizbarkeit der irritablen Gebilde vernichtet wird, gelingt es gewöhnlich nur einmal, von einer Stelle aus auf Herzschlag und Blutdruck zu wirken. Für die Deutung der in Frage kommenden Veränderungen in der Anzahl der Herzschläge und dem Werthe des mittleren arteriellen Blutdruckes

ist die eben angeführte Art, den Versuch anzustellen, von grosser Wichtigkeit. Wir erfahren durch denselben *a fortiori*, dass unbeabsichtigte directe Mitreizung der *N. n. splanchnici* ganz bestimmt, wie schon oben auf anderem Wege erhärtet, nicht in Betracht kommt. Sodann wird weiter durch das angeführte Experiment dargethan, dass weder die bei der elektrischen Reizung auftretende Muskelcontraction, noch eine irgendwie hervorgerufene Compression von grösseren Gefässen die beschriebenen Effecte in dem Bereiche der Kreislaufsorgane hervorbringen.

Zum weiteren Studium der vom Magen aus zu erzielenden Einwirkungen auf die Innervation des Herzens und der Blutgefässe erschien es uns zweckmässig, die Magenreizung in einer Weise vorzunehmen, welche möglichst grosse Ähnlichkeit mit denjenigen Reizungen darbietet, welche dieses Organ während des normalen Ablaufes der an dasselbe gebundenen Verrichtungen erfährt. Nun ist es aber leicht einzusehen, dass mit jeder Einfuhr einer grösseren Quantität von Speise und Trank die Nerven des Magens in zweifacher Hinsicht eine Reizung erfahren können. Einmal können die Magennerven und insbesondere die Schleimhautnerven, theils auf chemischem, theils auf mechanischem oder thermischem Wege erregt werden; zweitens können aber auch die Nerven, welche in den nicht unmittelbar mit den Ingestis in Contact kommenden Bestandtheilen der Wandung verlaufen, durch Ausdehnung des Magens einer mechanischen Reizung unterworfen werden.

Was die erste Form der eben erwähnten Reizung betrifft, so haben wir von derselben nur negative Resultate erhalten. Auf die in dieser Beziehung angestellten Versuche und deren Ergebnisse werden wir weiter unten zurückkommen.

Bei den Versuchen mit Ausdehnung des Magens kam es uns darauf an, so zu verfahren, dass wir den Versuch öfters hintereinander anstellen konnten. Zu dem Behufe befestigten wir an das eine Ende einer gewöhnlichen Schlundsonde einen Kautschukballon von der Sorte, wie sie, mit Leucht- oder Wasserstoffgas angefüllt, als Kinderspielzeug bekannt sind. Diese Sonde führten wir vom Munde oder häufiger von einer am Halse angelegten Oesophagusfistel aus in den Magen ein und brachten

eine Dehnung der Magenwandungen durch langsameres oder rascheres Aufblasen hervor. Wir hatten bei diesem Verfahren noch den weiteren Vortheil, dass die Dehnung des Magens auf dieses Organ beschränkt blieb, ohne dass wir eine Ligatur anzulegen nöthig hatten. Umschnürung des Magens aber hätte sowohl durch Quetschung grösserer Nervenstämme als auch durch das nothwendige Manövriren am Magen unbeabsichtigte Störungen in den Versuch einführen können.

Die Ausdehnung des Magens nun, in der beschriebenen Art hervorgebracht, rief in exquisiter Weise eine Erhöhung des arteriellen Druckes und gleichzeitig eine beträchtliche centrale Reizung der hemmenden Fasern im *Vagus* hervor. Starke und rasch bewirkte Ausdehnung zeigte sich als stärkerer Reiz als schwache und langsam hervorgerufene.

Die Aufblasung des Magens hatte den beschriebenen Effect, gleichgiltig, ob hiebei durch das ausgedehnte Organ ein Druck auf die Bauchwandungen und die Nachbarorgane ausgeübt wurde oder nicht. Wir haben sehr oft die Aufblasung bei ausgiebig in der *Linea alba* angebrachten Eröffnung der Bauchhöhle vorgenommen und denselben Erfolg wie ohne diesen Eingriff erzielt. Hiebei konnte sich also der Magen bei der Aufblasung frei verschieben, und weder eine Erregung der Nerven der Bauchwandungen oder der Nachbarorgane, noch eine irgendwie ausgiebige Störung in der Circulation auf rein mechanischem Wege eingeführt werden. Bei dieser Art zu reizen, haben wir einigemal folgende Beobachtung gemacht. Nachdem der Magen bis zu einem gewissen Grade aufgeblasen worden war, und im Verlaufe der Ausdehnung die Pulse sich verlangsamt hatten und der Blutdruck angestiegen war, erfolgte eine starke Contraction der *Muscularis*. Gleichzeitig hiermit trat eine zweite Pulsverlangsamung mit Drucksteigerung auf.

Die bei einem solchen Versuche erhaltene Curve haben wir auf Taf. 2, Fig. 3, abgebildet.

Übersehen wir nochmals die Versuche mit Aufblasung des Magens, so erhalten wir eine weitere wichtige Stütze für die Ansicht, dass für die Pulsverlangsamung sowohl, wie für die Drucksteigerung die Intervention des Centralorganes in hohem Grade wahrscheinlich ist. Wenn eine Circulationsstörung in den

Wandungen des Magens selbst an der Drucksteigerung vorwiegend betheiligt wäre, so ist es schwer einzusehen, wie Dehnung und Contraction des Magens in ein und demselben Sinne wirken sollten. Dasselbe gilt auch für den anderen Umstand, dass vielleicht Compression grösserer Gefässe in der Magengegend die Drucksteigerung herbeigeführt habe; hiegegen spricht eben die Erfahrung, dass Ausdehnung und Verkleinerung des Magens in gleicher Weise wirkten.

Nehmen wir zu dem bis jetzt Mitgetheilten nun hiezu, erstlich, dass für den Frosch durch Goltz eine reflectorische Beziehung zwischen Magen und Herz bereits längere Zeit dargethan ist, dass zweitens durch Asp im *Splanchnicus*, durch Bernstein, Aubert und Roever im *Sympathicus* und *Vago sympathicus* centripetal leitende, auf dem Wege des Reflexes den Blutdruck und die Pulszahl verändernde Fasern nachgewiesen sind, und dass drittens durch Reizungen verschiedener centripetal leitender Fasern Ansteigen des Druckes, gewöhnlich (aber nicht ausnahmslos) zusammen mit centraler Vagusreizung, ausgelöst werden, so dürfte der Ausspruch wohl gerechtfertigt sein, dass die beschriebenen Erscheinungen auf dem Wege des Reflexes hervorgerufen worden sind. In dieser Ansicht wurden wir noch mehr bestärkt durch das absolut gleiche Aussehen der Curven, welche wir bei besonders reizbaren Thieren durch Reizung des Magens einerseits, andererseits durch Reizung sensibler Nerven (Haut, Netz, Nasenschleimhaut) erhielten.

Wir haben es, da die vorgeführten Versuche für die centrale Entstehung der beschriebenen Änderungen in den Circulationsorganen hinlänglich sprachen, auch unterlassen, die Rückenmarksdurchschneidung am Halse und allenfalls in einem zweiten Versuche die Zuklemmung der Magenarterien vorzunehmen, um den directen Beweis einestheils für die Betheiligung der *Medulla oblongata* an der Drucksteigerung, anderntheils für die Nichtbetheiligung oder nicht ausschliessliche Betheiligung der Magengefässe zu liefern.

Asp hatte Versuche angestellt, in welchen der Einfluss centraler und peripherer Reizung des *Nervus splanchnicus* auf Herzschlag und Blutdruck studirt wurde. Es stellte sich hiebei heraus, dass bei erhaltenen *Vagis* die peripher und central

gerichtete *Splanchnicus*-Reizung Druckerhöhung und Pulsverlangsamung hervorbrachte. Die Pulsverlangsamung war jedoch bei centraler Reizung eine geringere. Für die in Folge einer peripher gerichteten Reizung auftretende Erregung der *N. n. vagi* stellt Asp die Erhöhung des Blutdruckes als Ursache auf. Da nun in unseren Versuchen bei Magenreizung Pulsverlangsamung immer mit Ansteigen des arteriellen Druckes einherging, so warf sich die Frage auf, ob wir es hier mit einem einfachen Reflexvorgange oder mit einer, unter Vermittlung des gesteigerten Blutdruckes vor sich gehenden Erregung der Hirnenden der *N. n. vagi* zu thun haben. Wir haben diese Frage nicht näher in Untersuchung gezogen, da die Abhängigkeit der Herzthätigkeit vom Blutdrucke eine sehr verwickelte ist; wir begnügen uns damit, festgestellt zu haben, dass vom Magen aus nicht allein der Herzschlag, wie schon Goltz für den Frosch erwiesen hatte, sondern auch der Blutdruck, unter Intervention des nervösen Centralorganes, wichtige Veränderungen erleiden kann.

Bei der von uns befolgten Methode der Magenreizung wurden sämmtliche Schichten der Wandung, respective die in denselben sich verästelnden und endigenden Nerven mechanisch irritirt. Es war wichtig, zu entscheiden, in welchen Häuten des Magens vorzugsweise die Nervenenden gelegen sein mögen, durch deren centripetal sich fortpflanzende Erregung die Innervation für Herz und Blutgefässe die beschriebenen Änderungen erfährt.

Zuerst haben wir unser Augenmerk auf die Schleimhaut des Magens gelenkt. Bei der Anstellung der einschlägigen Versuche beabsichtigten wir, uns von der Richtigkeit der von L. Hermann und R. Ganz[1] mitgetheilten Thatsachen zu überzeugen. Diese Forscher haben bekanntlich nach Injection von Wasser von 0° in den Magen curarisirter Thiere ein beträchtliches Ansteigen des arteriellen Druckes beobachtet; dabei sollen sich Frequenz und Stärke des Pulses nach der Einspritzung nicht im geringsten ändern. Die Drucksteigerung wird abgeleitet von der Einwirkung der Kälte, welche sowohl die in den Wan-

---

[1] Pflüger's Archiv für die gesammte Physiologie, III. Jahrg. 1870, p. 8. Über die Gefahr des kalten Trunkes bei erhitztem Körper.

erscheint nicht unwahrscheinlich, dass insbesondere die Nerven der *Muscularis* bei der Auslösung der öfters erwähnten Reflexphänomene betheiligt sind. Hiefür spricht erstlich die bekannte Erfahrung, dass krampfhafte Contractionen der *Muscularis* mit schmerzhaften Empfindungen verbunden sind [1], sodann die von uns oben mitgetheilten Beobachtungen, in welchen gleichzeitig mit der Contraction des Magens Pulsverlangsamung und Drucksteigerung auftraten.

Die genaue Nachweisung der Bahnen, auf welchen die in den Häuten des Magens gesetzte Erregung zu den Centren für die Innervation der Vasomotoren fortgeleitet wird, werden wir zu liefern versuchen, sobald wir die hiezu nöthige Vorarbeit — genaue Anatomie der Magennerven des Hundes — durchgeführt haben werden.

Die hier mitgetheilten Versuchsergebnisse schliessen sich zunächst an die Versuche von Goltz [2] an, die auf diesem Gebiete die erste Anregung gegeben haben. Bernstein [3] und Asp [4] haben die von Goltz begonnenen Untersuchungen weiter fortgeführt; diese Autoren arbeiteten aber grösstentheils an Säugethieren und reizten nicht die Eingeweide direct, sondern die Nervenstämme. Ersterer berücksichtigte nur die Pulsfrequenz, letzterer Herzschlag und Blutdruck. Dreschfeld [5] theilt einige am Kaninchen angestellte Versuche mit, in denen auf elektrische Reizung des Magens entweder gar keine Veränderung im Blutdrucke, oder ein Absinken oder ein Steigen desselben beobachtet wurden. Dreschfeld hat die angeführten Experimente nur nebenher angestellt und ist den Ursachen der inconstanten Erfolge nicht weiter nachgegangen. Der Untersuchung von Hermann und Ganz endlich wurde schon oben Erwähnung gethan.

---

1 Vergl. E. H. Weber, Tastsinn und Gemeingefühl, in Wagner's Handwörterbuch der Physiologie, 1846. III, 2, p. 581.

2 Virchow's Archiv, Bd. XXVI, 1863, p. 1.

3 Du Bois-Reymond's und Reichert's Archiv, 1864, p. 614.

4 Arbeiten aus der physiologischen Anstalt zu Leipzig. Mitgetheilt durch C. Ludwig. II. Jahrg. p. 131.

5 Würzburger physiolog. Untersuchungen. Herausgegeben von v. Bezold. II. Heft, p. 326.

Asp hat aus seinen Versuchen einige Consequenzen für die Pulslehre gezogen, Hermann und Ganz haben aus der bei Injectionen von kaltem Wasser in den Magen auftretenden Drucksteigerung die Wirkung des kalten Trunkes abzuleiten versucht. Aus den in den vorliegenden Zeilen mitgetheilten Thatsachen wollen wir ebenfalls in Kürze einige Folgerungen für die Beantwortung praktischer Fragen zu ziehen versuchen.

Nach einer Angabe von Guy [1] ist der Puls bei vegetabilischer Kost vermindert. Wenn man berücksichtigt, dass zur Deckung des Körperbedürfnisses grössere Quantitäten rein vegetabilischer Kost eingeführt werden müssen und hierdurch nothwendig die Magenwandungen einer stärkeren Dehnung ausgesetzt werden, so könnte möglicherweise bei dieser Pulsverlangsamung, neben der durch die Verhältnisse der Ernährung bedingten eigenthümlichen Blutbeschaffenheit, auch eine reflectorische Erhöhung des Tonus der hemmenden Vagusfasern mit ins Spiel kommen.

Der Erklärung der Wirkung eines kalten Trunkes im Sinne von Hermann und Ganz können wir uns, nach dem oben Mitgetheilten, füglich nicht anschliessen. Da die Fälle von raschem Tode nach kaltem Trunke überhaupt nicht hinlänglich sichergestellt sind, und mit Rücksicht auf die dabei obwaltenden Nebenumstände für gewöhnlich nicht genau genug beschrieben sind, so lässt sich natürlich eine Erklärung für die Gesammtheit derselben nicht aufstellen. Wir wollen nur darauf hinweisen, dass nicht allein die Temperatur, sondern auch die Quantität der eingeführten Flüssigkeit von Wichtigkeit ist. Bedenken wir weiter, dass in Fällen, in denen grosse Quantitäten Wasser getrunken werden, der Körper sehr häufig „erhitzt" ist und die Arterien der Haut erweitert sind, auf plötzliche Dehnung des Magens einestheils die Arterien der *Medulla oblongata* sich contrahiren, anderentheils die hemmenden Herznerven auf reflectorischem Wege erregt werden, so ist leicht

---

[1] Vergl. Donders, Lehrbuch, p. 128, und Ludwig, Lehrbuch, Bd. II, p. 101.

einzusehen, wie durch Anämie des Hirnes das Athemcentrum gelähmt werden kann, und hierdurch ein plötzlicher Tod herbeigeführt wird. Hiebei wird die Unterstellung gemacht, die *a priori* nichts Unwahrscheinliches hat, dass an der reflectorischen Arterien-Verengerung die Arterien des Hirnes Antheil nehmen, worauf auch schon Asp [1] Rücksicht genommen hat. Diese plötzlich eintretende Anämie der *Medulla oblongata* und eine hierdurch bedingte Lähmung des Athmungscentrums müsste man wohl auch herbeiziehen bei denjenigen plötzlichen Todesfällen in Folge mechanischer Insulte des Magens, bei denen die Obduction keine schweren anatomischen Läsionen nachzuweisen vermag. Gegen die Ansicht, dass letztere ausschliesslich durch Vermittelung der Alteration in der Herzthätigkeit auf dem Wege reflectorischer Vaguserregung so schwere Folgen nach sich ziehen können (Goltz, Maschka), hat jüngsthin Falk [2] Zweifel erhoben. In der That wird man zugeben müssen, dass weder auf reflectorischem Wege, noch durch künstliche Erregung der *N. n. vagi* Stillstand des Herzens oder starke Pulsverlangsamung durch so lange Zeit hindurch andauernd hervorgerufen werden können, dass dadurch eine Gefährdung des Lebens zu befürchten wäre [3]. Wohl aber liesse sich ein solcher Effect viel leichter erzielen, wenn zu gleicher Zeit ein weiteres Hinderniss für die normale Ernährung der für die wichtigsten Functionen unentbehrlichsten Hirntheile durch Verengerung oder totale Verschliessung ihrer kleinen Arterien herbeigeführt würde. Die von uns beschriebenen Versuche, in denen Verengerung von Arterien gleichzeitig mit Pulsverlangsamung auftreten, rücken ein Zusammenfallen der beiden vereint wirkenden Factoren in das Bereich der Möglichkeit.

Überhaupt müssen die erörterten Reflexwirkungen vom Magen aus überall in Betracht gezogen werden, wo die Wandungen dieses Organs durch starke Dehnung gereizt werden und ihre

---

[1] L. c. p. 169.

[2] Du Bois-Reymond's und Reichert's Archiv, 1870, p. 378.

[3] Vergl. in dieser Hinsicht A. B. Meyer, Das Hemmungsnervensystem des Herzens. In dieser Schrift werden einschlägige Versuche von Panum, dem Verfasser, Rosenthal und Leyden angeführt.

Nerven durch Reflex auf die Kreislaufsorgane wirken können; die von den älteren Ärzten als aetiologisches Moment viel besprochene Anfüllung des Magens und Darms mit Gasen gewinnt von diesem Gesichtspunkte eine erneute Bedeutung.

Zum Schlusse mag noch darauf hingewiesen werden, dass bei plötzlichen Todesfällen in Folge üppiger Mahlzeiten nicht allein der Genuss von Alcoholica, die „Plethora“ etc., sondern auch ein rein mechanisches Moment (die erörterten Reflexerscheinungen in Folge starker Magenanfüllung) in Betracht zu ziehen sind; gerade in solchen Fällen dürfte der Umstand, dass sich in der Verdauungsperiode der Blutstrom vorzugsweise den Unterleibsorganen zuwendet, eine geringfügige Störung in der ohnediess reducirten Blutversorgung der *Medulla oblongata* zu einem gefährlichen Ereignisse machen.

Wir brauchen kaum zu bemerken, dass wir durch vorstehende Bemerkungen beabsichtigten, nicht sowohl eine gewisse Reihe von noch dunklen Erscheinungen zu erklären, als vielmehr einige neue Gesichtspunkte zu fixiren, die bei dem Versuche einer Erklärung mit in Berücksichtigung gezogen werden müssen.

Erklärung der Abbildungen.

Die Curven sind mit dem Quecksilbermanometer verzeichnet. Der Raumersparniss wegen sind die Abscissen der Curven 1 und 2 auf Taf. 1 über die eigentlichen dem Nullpunkte entsprechenden Abscissen gerückt und zwar Curve 1 um 50 Mm., Curve II um 60 Mm. Um den wirklichen, einem beliebigen Punkte der Curve entsprechenden Blutdruck zu finden, hat man an der Anfangsordinate die jenem Punkte (der Höhe nach) entsprechende Millimeterzahl abzulesen und diese Zahl zu verdoppeln. Auf der Abscisse sind die Zeiten auf Curve 1 in Secunden, auf Curve 2, 3, 4 in Doppelsecunden verzeichnet. Die über der Abscisse befindliche Gerade wurde von einem Elektromagnete geschrieben; auf derselben sind die während des Versuches vorgenommenen Eingriffe direct verzeichnet.

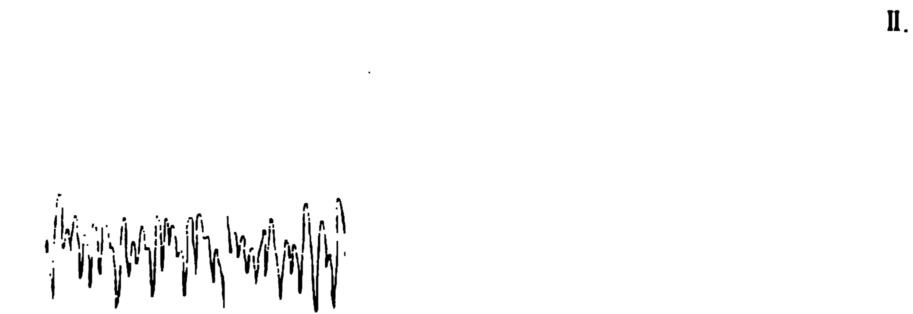
Curve 1. Curarisirter Hund. Bei *M. a.* wurde der Magen stark aufgeblasen. Die Curve zeigt deutlich die längere Zeit anhaltende beträchtliche Pulsverlangsamung.

Curve 2. Curarisirter Hund. Bei *El R.* elektrische Reizung des Magens.

Curve 3. Curarisirter Hund. Bei *M. a.* wurde der Magen langsam aufgeblasen. Der mit *Cn* bezeichneten Stelle der Curve entsprach eine starke Contraction des Magens.

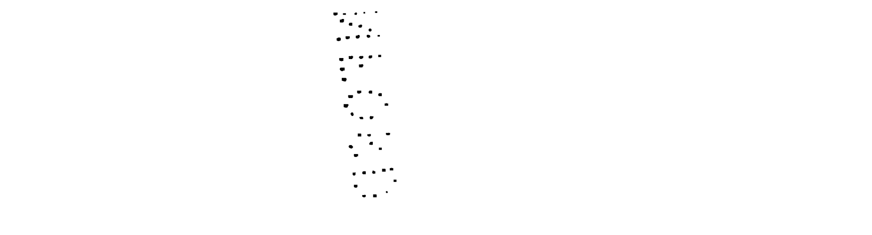
Curve 4. Curarisirter Hund. Die *Vagosympathici* am Halse vorher beiderseits durchschnitten. Bei *M. a.* Magen langsam aufgeblasen.







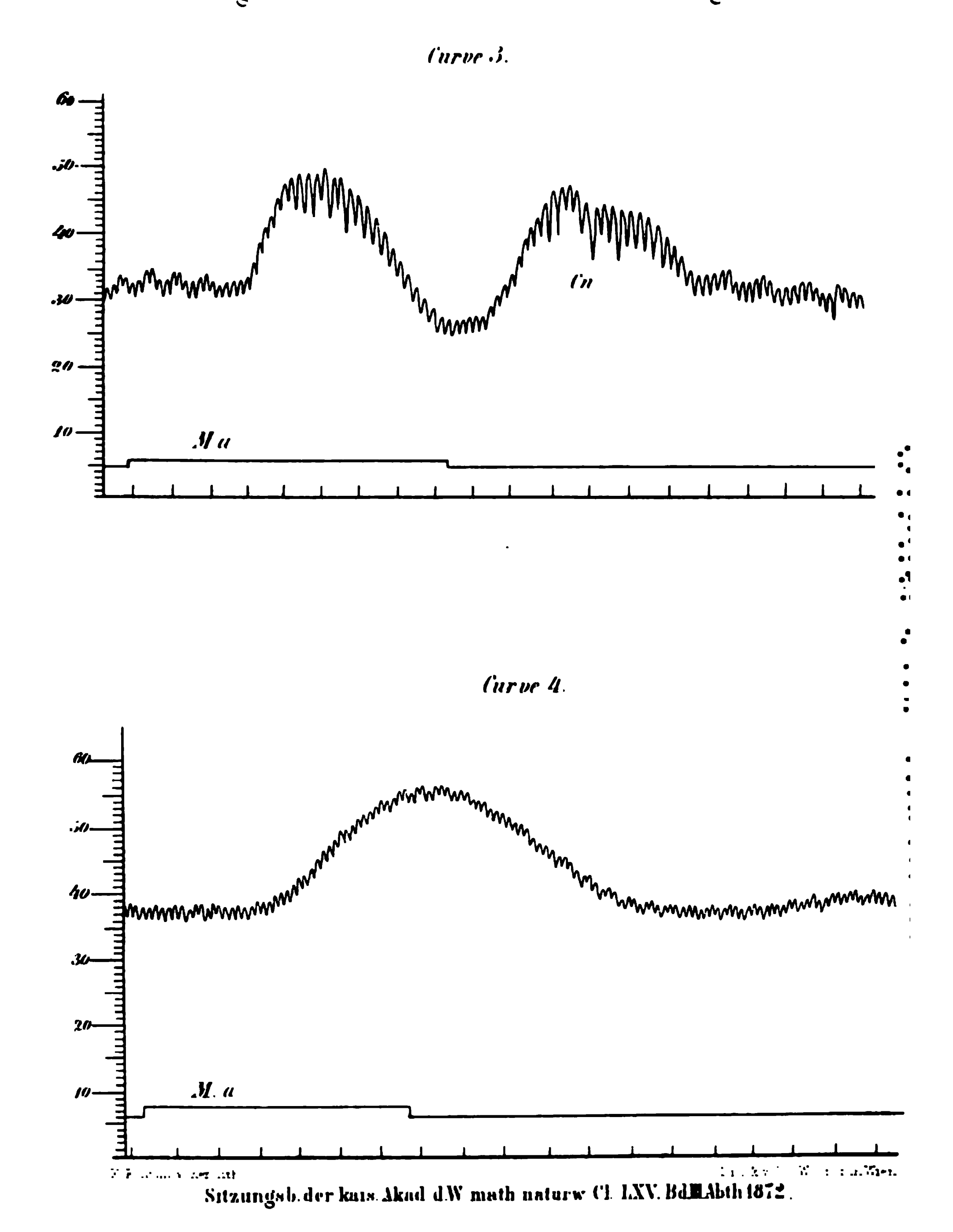








III.Abth 1872


Curve 3.
60
50
40
30
20
10
Cn
M a
Curve 4.
60
50
40
30
20
10
M. a



Beobachtungen und Reflexionen über den Bau und die Verrichtungen des sympathischen Nervensystemes.

(Mit 1 Tafel.)

Von Dr. **Sigmund Mayer**,

Privatdocent der Physiologie und Assistent am physiologischen Institute zu Prag.

Im Verlaufe von Untersuchungen über Darmbewegungen, welche ich in Gemeinschaft mit Dr. v. Basch angestellt habe, wurde ich darauf geführt, sowohl das *Ganglion coeliacum* als auch die Ganglien der Darmwandungen in Bezug auf ihren feineren Bau einer genaueren Betrachtung zu unterziehen. Nachdem ich mich bereits längere Zeit mit den genannten Objecten beschäftigt hatte, forderte mich mein verehrter Freund Professor Stricker auf, für das Handbuch der Gewebelehre den Artikel „Sympathisches Nervensystem“ auszuarbeiten. Zu dem Behufe zog ich dann auch den Sympathicus des Frosches in das Bereich meiner Studien. Je mehr ich mich in dieselben vertiefte, desto mehr gewann ich die Überzeugung, wieviel auf diesem Gebiete noch zu thun übrig ist. Als ich jedoch den genannten Artikel abfasste, war ich noch nicht in der Lage, in vielen wichtigen Controversen entschiedene Position zu nehmen; ich stellte aber schon damals die genauere Erörterung mancher Fragen in baldige Aussicht.

Im Verfolge dieser Beobachtungen bin ich von der Lösung mancher in der letzten Zeit viel discutirter Fragen, wie Ursprungsstätte der Fortsätze, Bedeutung der Spiralfaser, etc. abgekommen und habe meine Aufmerksamkeit auf andere Punkte gelenkt. Leider kann ich nicht behaupten, zu der wünschenswerthen Sicherheit in der Beantwortung aller aufgeworfenen Fragen gelangt zu sein. Wenn ich aber nichtsdestoweniger nicht länger zögere, einen Theil meiner Resultate zu publiciren, so geschieht

diess aus rein äusserlichen Gründen, die mir es wünschenswerth erscheinen lassen, diese Untersuchungen für einmal abzubrechen, um anderen schon längst begonnenen experimentellen Arbeiten meine volle Aufmerksamkeit zuwenden zu können.

Die nachfolgenden Angaben beziehen sich auf den Sympathicus von *rana temporaria* und *esculenta*, an welchen Thieren ich die meisten Beobachtungen angestellt habe. Wenig unterschieden hievon sind die einschlägigen Verhältnisse bei *hyla arborea*, *Pelobates*, *Bombinator* und *Bufo*, die ich ebenfalls untersucht habe. Der Structurverhältnisse bei Salamander und Triton habe ich mehrfach besondere Erwähnung gethan.

Wenn ich hier die Thiere, auf deren Untersuchung ich meine Resultate stütze, besonders nenne, so geschieht diess, um Verallgemeinerungen, die erst noch durch weitere Studien begründet werden müssten, vorzubeugen. Ich brauche aber kaum besonders zu bemerken, dass ich von sympathischen Ganglien des Menschen und anderer Säugethiere, sowie von Vögeln unzählige Präparate angefertigt und studiert habe. Ebenso habe ich die Spinalganglien und die zelligen Elemente der Centralorgane fortwährend zur Vergleichung herbeigezogen. Die hier gewonnenen Resultate, sammt den einschlägigen Literaturangaben gedenke ich bei einer anderen Gelegenheit zu verwerthen.

Je länger ich mich mit dem vorliegenden Gegenstande beschäftigte, desto mehr kam ich von dem Gebrauche von Reagentien ab. Grösstentheils untersuchte ich die Objecte vom eben getödteten Thiere, entweder in indifferenten Flüssigkeiten (*Serum*, filtrirter Speichel), in 1%iger Kochsalzlösung oder sehr verdünnter Müller'scher Flüssigkeit. Wo es auf die Structurverhältnisse isolirter Zellen ankommt, ist es unzweckmässig, grössere Knoten zu zerzupfen. Besser gelangt man hier zum Ziele, wenn man kleine Eingeweidenervchen, die oft reichlich von Nervenzellen durchsetzt sind, der Zerzupfung unterwirft. Oft gelangt man durch Zufall zu Bildern, welche für die Auffassung der Verhältnisse mehr leisten, als lange Präparation. Unentwegbare Geduld und Ausdauer muss man übrigens zu solchen Arbeiten mitbringen. Unter den Reagentien hat mir das Chlorgold, in dünnen Lösungen nach Cohnheim's bekannten Vorschriften angewendet, insbesondere zur Orientirung, gute Dienste geleistet.

I.

Bringt man einen Theil des sympathischen Grenzstranges oder, in vielen Fällen mit besserem Resultate, etwas von dem die grossen Abdominalgefässe begleitenden nervenhaltigen Bindegewebe oder ein zu einem Eingeweide tretendes Nervenstämmchen in einer der oben angeführten indifferenten Zusatzflüssigkeiten unter das Mikroskop, so drängt sich, bei fortgesetzter Untersuchung, dem Beobachter bald ein Befund auf, welcher geeignet erscheint, seine Aufmerksamkeit in hohem Grade zu fesseln. Neben denjenigen Gebilden nämlich, welche als Bestandtheile des Sympathicus gewöhnlich beschrieben werden, finden sich noch weitere eigenthümliche Formationen, deren Eigenschaften wir zuerst kennen lernen wollen, ehe wir zu Erörterungen über ihre Bedeutung übergehen. Entweder mitten unter den gewöhnlichen Nervenzellen oder zwischen markhaltigen und marklosen Nervenfasern, auch wohl den genannten Fasern nur seitlich angelagert, oder solitär im Bindegewebe finden sich vielkernige Körper, die sich auf den ersten Blick von dem Aussehen der Nervenzellen unterscheiden. In ihrer Grösse zeigen sie sich den grössten Differenzen unterworfen. Ihrer Form nach zeigen sie ebenfalls sehr grosse Verschiedenheiten; sie sind ebenso häufig rund als oval und ihre Begränzung erscheint um so regelmässiger, je kleiner sie sind; die grössten vorkommenden Gebilde sind der Regel nach unregelmässig gestaltet. Die in Rede stehenden Körper sind entweder von einer Hülle, welche öfters eingestreute Kerne zeigt, umkleidet, oder sie entbehren einer solchen. Gar nicht selten kommt es vor, dass sich die Hülle in das Innere eines Körpers hereinzieht und denselben in zwei oder mehrere Abtheilungen, die immer mehrere Kerne enthalten, zerfällt, ähnlich wie sich die Hülle eines Ganglion in dasselbe fortsetzt und Scheidewände zwischen den einzelnen Zellen herstellt. Sie zeigen weiterhin die bemerkenswerthe Eigenschaft, hie und da in Fortsätze ausgezogen zu sein, welche sowohl ihrem Aussehen als ihrer topischen Anordnung nach die engsten Beziehungen zu faserigen Elementen des Nervensystems documentiren. Ebenso häufig aber sind die Contouren derselben völlig glatt und geschlossen und ist nicht die Spur eines Fortsatzes zu

constatiren; in denjenigen Fällen, in welchen sie in nächster Nachbarschaft von Nervenfasern sich vorfinden, ergibt die genaue Untersuchung, dass es sich sehr oft nur um das Verhältniss der Contiguität und nicht das der Continuität handelt.

Was die Substanz der uns hier beschäftigenden Körper betrifft, so unterscheidet sie sich von derjenigen der gewöhnlichen Nervenzellen dadurch, dass man das körnige Pigment in denselben vermisst. Dieselbe ist sehr feinkörnig und zeigt oft, besonders auffallend bei *salamandra maculata*, einen eigenthümlichen gelblich braunen Farbentimbre bei der Untersuchung im durchfallenden Lichte. Sehr charakteristisch für die Trennung dieser Gebilde von den Nervenzellen ist das Verhalten der Kerne. Letztere sind um vieles kleiner, als diejenigen der Nervenkörper; sie markiren sich im frischen Zustande nicht als lichte bläschenartige Gebilde, sondern sie sind dunkel, mattglänzend, mit scharfen und glatten Contouren versehen. Sie sind oval oder rund und fallen noch ganz besonders dadurch auf, dass sie, später näher zu erörternde Fälle ausgenommen, gewöhnlich von gleicher Grösse sind. Die Anzahl der Kerne, welche in einem Körper vorkommen, steht im geraden Verhältnisse zu der Grösse desselben, so dass auch Fälle zur Beobachtung kommen, in denen die Grösse dieser Bildungen so reducirt ist, dass nur eine kernhaltige Zelle vorliegt, welche aber durch die Beschaffenheit ihrer Substanz und die Eigenschaften des einzigen in ihr enthaltenen Kernes sich sofort von den typischen Formen der Nervenzellen unterscheiden lässt.

Die in einem Körper vorkommenden Kerne sind entweder von deutlich von einander abgegrenzten Partien der Grundsubstanz umgeben, so dass man von einer Gruppe kleiner kernhaltiger Zellen zu sprechen berechtigt wäre, öfters aber sind die Kerne in die feinkörnige Grundmasse eingetragen, so dass eine Sonderung in discrete Zellen entweder gar nicht oder nur undeutlich zu constatiren ist.

Bei fortgesetzten, auf die Untersuchung dieser hier charakterisirten Bildungen gerichteten Beoachtungen bemerkt man bald, dass das Vorkommen derselben bei verschiedenen Individuen ein ausserordentlich verschiedenes ist. Bei *rana temporia* und *esculenta* sind sie zuweilen so massig vorhanden, dass die typi-

schen Formen der Nervenzellen gegen sie zurücktreten, und wiederum trifft man Individuen, in denen man sie nur spärlich antrifft, oder auch wohl ganz vermisst. Doch ist die genaue Durchforschung sämmtlicher Territorien, wo sie vorkommen können, kaum thunlich, so dass es sehr wahrscheinlich ist, dass sie vollständig bei keinem Individuum der angeführten Species fehlen[1]. Bei Thieren, in deren Sympathicus man sie nur spärlich vorfindet, sind sie gewöhnlich von geringen Dimensionen; zuweilen finden sich in der Nähe eines sehr grossen Körpers mehrere kleinere vor. Wenn sie ihre Lage mitten unter gewöhnlichen Nervenzellen oder gar in einem grösseren Knoten haben, kann man ihre Existenz leicht übersehen. Ein constantes Vorkommniss, derart, dass man sie in jedem zur Untersuchung verwendeten Thiere sicher antrifft, stellen sie dar bei *triton cristatus* und *salamandra maculata*. Hierauf werde ich später noch einmal zurückzukommen haben. Diese Gebilde zeigen ein bemerkenswerthes Verhalten gegen einige Reagentien, durch welches es gelingt, dieselben besser, als im frischen Zustande, zur Darstellung zu bringen. Wenn dieselben nämlich nur kurze Zeit in concentrirten Lösungen von Chromsäure, chromsaurem Kali (Müller'sche Flüssigkeit) oder etwa 24 Stunden in sehr verdünnten Lösungen dieser Stoffe verweilt haben, so werden dieselben intensiv gelb gefärbt, während die Kerne sich ungemein scharf und klar herausheben. Die übrigen in demselben Präparate enthaltenen Gewebs-Elemente (Nervenzellen, Nerven, Bindegewebe etc.) bekommen zwar durch die Behandlung mit den genannten Reagentien ebenfalls einen mehr oder minder starken Stich ins Gelbliche, doch herrscht in der Intensität der Färbung der in Rede stehenden Körper und der übrigen Gewebe eine nicht zu übersehende Differenz. Tingirt man ein mit einer Chromverbindung vorher behandeltes Präparat mit einer schwachen Lösung von Carminammoniak, so werden die übrigen in ihm vorkommenden zelligen Elemente, und besonders deren Kerne, roth gefärbt, während unsere Bildungen nur einen äusserst schwachen Stich ins Röthliche annehmen.

[1] Die Frage, in welcher Abhängigkeit das Vorkommen der fraglichen Gebilde von Jahreszeit, Alter des Thieres etc. stehen möge, bedarf einer weiteren Untersuchung.

Sehr charakteristisch ist das Verhalten gegen Chlorgold. Bringt man ein dem Sympathicus entnommenes Präparat in eine 0·1 °/₀ige Lösung von Chlorgold und sodann in mit Essigsäure schwach angesäuertes Wasser, so sind, gewöhnlich erst nach ein- bis zweimal 24 Stunden, fast alle Gewebsbestandtheile mehr oder weniger röthlich tingirt. Ganz besonders aber sind die Kerne der uns hier beschäftigenden Bildungen sehr dunkel roth geworden, wodurch sie aus ihrer Umgebung scharf hervorstechen. Lässt man die dünne Chlorgoldlösung nur sehr kurze Zeit wirken, so tingiren sich die Nervenzellen sehr wenig oder gar nicht, während die Substanz und die Kerne unserer Körper eine rothe Färbung angenommen haben. Diess sind nun auch die Fälle, in denen man die prägnantesten Beobachtungen machen kann, besonders wenn mitten unter Nervenzellen von typischer Form diese Körper vorkommen. In Überosmiumsäure färben sie sich, unter stärkerer Trübung der Kerne, braun. Ihr Verhalten gegen andere Reagentien bietet nichts Bemerkenswerthes.

Hier mag sogleich bemerkt werden, dass bereits von andern Beobachtern diese Gebilde gesehen und beschrieben worden sind; dieselben wurden aber, obwohl sie etwas ganz Eigenartiges darstellen, schlechtweg in das vorhandene Schema eingereiht. So hat wohl Kölliker nichts anderes unter den Händen gehabt, als die hier eingehender gewürdigten Formationen, wenn er sagt:[1] „— und bemerke ich ausserdem, dass im Sympathicus des Frosches nicht selten innerhalb besonderer Scheiden ganze Haufen apolarer Zellen sich finden, ähnlich denen, die Beale auf Pl. XXXIV, Fig. 7 und 8 abbildet, die ich nur für Nervenzellen halten kann."

In gleicher Weise bemerkt Courvoisier[2] im Anschlusse an die eben citirte Aussage Kölliker's, seine früheren Angaben über apolare Zellen modificirend, u. a.: „Oft sind sie (nämlich die apolaren Zellen) zu kleinen Gruppen mit gemeinschaftlicher Kapsel vereinigt". Auch glauben wir nicht zu irren, wenn wir

---

[1] Handbuch der Gewebelehre, V. Auflage, p. 225.

[2] Max Schultze's Archiv für mikroskopische Anatomie. Bd. IV, 1868, pag. 138.

behaupten, dass mehreren der Beschreibungen von L. S. Beale[1] nur die eben besprochenen Formationen zu Grunde gelegt sind.

Indem wir bis jetzt einfach die Beschreibung der Kern- oder Zellennester geliefert haben, wurde es unterlassen, dieselben in irgend eine der bekannten Gewebskategorien unterzubringen. Es erscheint, so weit wir sehen, nicht von vornherein fest und unumstösslich, dass wir es hier mit dem Nervensysteme zuzuzählenden Gebilden zu thun haben. Wir haben vielmehr auf eine Reihe von Eigenschaften aufmerksam gemacht, welche dieselben von den typischen Formen der Nervenzellen scheiden. Als solche heben wir nochmals hervor die Form, Grösse und Anzahl der Kerne. Die kleinen, runden, alle gleichgrossen, glatten und klaren Kerne der Kernnester können in keiner Weise mit dem Kerne der Nervenzellen, welcher durch seinen bläschenartigen Habitus und das in ihm befindliche Kernkörperchen charakterisirt ist, verwechselt werden. Durch Zusatz von Essigsäure werden übrigens beide in gleicher Weise verändert, indem sie durch dieses Reagens stark granulirt werden. Das Verhalten der typischen Nervenzellen einerseits und der Kernnester andererseits gegen Reagentien kann ebenfalls dazu dienen, beide von einander zu unterscheiden. Durch Chromverbindungen werden die Nester viel stärker gelb gefärbt als die Nervenzellen. Durch die Behandlung mit Chlorgold tritt noch ein weiterer, ganz charakteristischer Unterschied zwischen Zellen und Nestern auf. Letztere färben sich in ihrer Substanz stark roth bis violett und die Kerne werden sehr dunkel; bei den Nervenzellen im engeren Sinne wird die Grundsubstanz dunkel gefärbt, die Kerne aber färben sich viel weniger und treten licht aus der Masse der Zelle heraus.

Wir ersehen aus diesen Angaben zur Genüge, dass es nicht gestattet ist, die geschilderten Nester von Kernen oder Zellen in die Kategorie der Nervenzellen schlechtweg zu verweisen.

---

[1] On the structure of the so called apolar, unipolar and bipolar nervecells of the frog. Philosophical trancactions of the royal society of London for the year 1863. Vol. 153, pag. 543. Ich will an dieser Stelle bemerken, dass die Schrift von Beale: „New observations upon the structure and formation of certain nervous centres etc. London 1864, nur ein Separatabdruck der erstgenannten Abhandlung ist.

Wir glauben vielmehr Gründe zu haben zur Aufstellung der Behauptung, dass wir in den Kern- oder Zellennestern Gebilde sui generis vor uns haben, welche aber zu der morphologischen Gruppe des Nervengewebes zu rechnen sind. Welche Bedeutung denselben im Verhältniss zu den bis jetzt fast allein von den Histiologen gewürdigten typischen Formen der Nervenzellen zukommen mag, darüber soll an späterer Stelle gehandelt werden. Hier sollen nur die Erwägungen vorgeführt werden, auf welche gestützt wir die Nester in die Gruppe der zum Nervensystem gehörigen Organisationen einreihen. Erstlich ist die örtliche Anordnung der in Frage stehenden Bildungen ganz gewöhnlich in nächster Nähe unzweifelhaft nervöser Gewebe, als welche wir durch Nervenzellen s. s. und Nervenfasern repräsentirt finden, gegeben. Wenn auch diese blosse Nachbarschaft an und für sich nicht viel beweisen würde, da das Durcheinandergeschobensein der morphologisch und functionell verschiedenartigsten Gewebe gar nichts seltenes ist, so dürfte doch dieser Umstand im gegebenen Falle nicht ohne Bedeutung sein. Denn wir sehen weiterhin, wie Kern- und Zellennester von den beschriebenen Eigenschaften mitten zwischen den Fasern eines Nervenstämmchens, oder demselben seitlich angelagert, von einem und demselben bindegewebigen Perineurium eingescheidet, vorkommen. Von hoher Bedeutung für die morphologische Stellung, welche wir diesen Bildungen anweisen, ist die weitere Beobachtung, dass man dieselben hie und da in Fortsätze auslaufen sieht, welche ihrem Aussehen und ihrem Verhalten gegen Reagentien nach ganz mit marklosen Nervenfasern, resp. mit Fortsätzen typischer Nervenzellen übereinstimmen. Die Fortsätze können entweder selbständig auf ihrem Wege eine kurze Strecke verfolgt werden oder sie schliessen sich benachbarten unzweifelhaften Nervenfasern an.

Was noch fernerhin für die Einreihung der in Rede stehenden Bildungen unter die zum Nervensystem gehörigen Formationen spricht, ist der Umstand, dass man auf Individuen stösst, in denen die regelrechten Nervenzellen durch die in reicher Anzahl sich vorfindenden Gruppen unserer Kernnester in den Hintergrund gedrängt erscheinen. Bei Tritonen und Salamandern trifft man im Bereiche des Sympathicus fast nie auf mehr oder

weniger grosse Anhäufungen von Nervenzellen s. s., mit denen nicht die Nester oft in exquisiter Ausbildung vergesellschaftet wären. Aus alle dem dürfte für den, welcher diese Gebilde aus eigener Anschauung kennen gelernt hat, wohl kein Zweifel mehr darüber übrig bleiben, dass wir es hier mit eigenthümlichen dem Nervensystem zuzuzählenden Formationen zu thun haben.

Sobald wir aber dazu übergehen, die Frage aufzuwerfen, welche Bedeutung denselben zukommen möge, insbesondere in welcher Beziehung sie zu den typischen Nervenzellen stehen, erheben sich für die Beantwortung Schwierigkeiten, welche umso bedeutender, ja fast unüberwindlich erscheinen, wenn man bedenkt, dass man die vorliegende Frage, wie leider so viele andere der Histiologie, nicht streng systematisch untersuchen kann, sondern mit der Erlangung für die Deutung verwerthbarer Präparate auf glückliche Zufälle angewiesen ist.

Ehe wir nun aber der Beantwortung der gestellten Frage näher rücken, haben wir uns in einige Erörterungen einzulassen, welche mit dem uns beschäftigenden Gegenstande in engster Beziehung stehen. Dieselben betreffen eine Angelegenheit, welche bereits mehrfach von den Histiologen in das Bereich der Discussion hereingezogen wurde, welche aber zu einem Abschlusse noch nicht gediehen ist. Es handelt sich nämlich darum, festzustellen, ob fortwährend im Verlaufe des Lebens eines schon ausgewachsenen Individuums eine Neubildung von Nervenzellen stattfindet, oder nicht; und weiterhin, wenn sie wirklich vorkömmt, in welcher Weise sich dieser Regenerationsvorgang abspielt. Bereits Henle[1] hat aus der Betrachtung der in der Rindensubstanz des erwachsenen Gehirnes vorkommenden Formen sich der Vermuthung nicht erwehren können, es finde noch nach der Geburt eine theilweise oder beständige Regeneration der Ganglienkugeln statt. Neuerdings ist Henle auf diese Ansicht zurückgekommen[2]. Wir werden Gelegenheit finden, uns mit dieser letzten sehr bemerkenswerthen Äusserung von Henle noch einmal zu beschäftigen. Kölliker in der V. Auf-

[1] Allgemeine Anatomie. Leipzig 1841.

[2] Henle und Merkel in Zeitschrift für rationelle Medicin, III. Reihe, Bd. XXXIV.

lage seines Handbuches schreibt pag. 332: „Manche Nervenzellen scheinen auch später durch Theilung sich zu vermehren; wenigstens weiss ich das häufige Vorkommen von zwei Kernen in den Nervenzellen junger Thiere, besonders in denen der Ganglien und von verschiedenen Beobachtern gesehene, durch kurze Verbindungsstränge zusammenhängende Zellen nicht anders zu deuten.“ Indem Kölliker an einer andern Stelle[1] nochmals von den apolaren Zellen als Entwicklungsstadien von Zellen mit Ausläufern spricht, scheint er sehr geneigt zu sein, eine Neubildung von Zellen anzunehmen.

Ebenso Stieda[2], welcher die Existenz apolarer Zellen nicht leugnet; er hält dieselben für unfertig, d. h. er meint, es sind Nervenzellen, an welchen die Ausläufer sich noch entwickeln werden.

Am ausführlichsten hat sich Beale[3] mit dieser Angelegenheit beschäftigt. Dieser Forscher, welcher die Neubildung und das Zugrundegehen von Nervenzellen während des Lebens des ausgewachsenen Thieres energisch vertritt, nimmt drei Arten der Neubildung von Zellen an. Erstens sollen Ganglienzellen entstehen aus einer feingranulirten Masse, welche mit Nervenfasern in Verbindung stehen und derjenigen Substanz ähnlich sein soll, aus der die embryonalen Gewebe bestehen. Zweitens soll eine Neubildung von Nervenzellen zu Stande kommen durch Theilung alter Zellen, und drittens sollen neue Zellen durch Fortbildung der sogenannten Kerne von Nervenfasern zu Stande kommen. Beale's Angaben wurden im ganzen wenig berücksichtigt. Sander[4] konnte sich von der Richtigkeit der Beale'schen Aufstellungen nicht überzeugen, während Klebs denselben geneigt scheint. Wir werden an späterer Stelle zu den Ansichten von Beale Stellung nehmen.

Wenn wir die typischen Formen der Nervenzellen im Sympathicus ins Auge fassen, so kann man, was ihre Lebensdauer betrifft, füglich zwischen zwei Annahmen wählen.

---

[1] L. c. pag. 255.

[2] Studien über das centrale Nervensystem der Wirbelthiere. Leipzig 1870, pag. 149.

[3] L. c.

[4] Reichert's und du Bois-Reymond's Archiv.

Die erste wäre die, dass mit dem vollendeten Wachsthume des Thieres auch eine bestimmte Anzahl von Zellen gegeben wäre. Diese Zellen würden, was ihre an ihre bestimmte Form gebundene individuelle Existenz betrifft, während der ganzen Lebensdauer constant sein und mit ihrer specifischen Functionirung im Thierleibe würde nur ein fortwährendes, durch die Verhältnisse des ihnen eigenthümlichen Stoffwechsels bedingtes stetiges Ändern ihrer stofflichen Bestandtheile einhergehen. In diesem Falle müsste man den Nervenzellen, um es kurz auszudrücken, eine perennirende Lebensdauer zuschreiben. Die zweite Annahme würde, um einen dem eben gebrauchten Ausdrucke analogen zu gebrauchen, eine cyklische Lebensdauer der Nervenzellen statuiren, derart, dass einmal fertig gebildete Zellen eine Zeit lang den ihnen übertragenen Verrichtungen obliegen würden, um sodann zu Grunde zu gehen und einer unterdess neu auftauchenden Generation Platz zu machen.

Wenn man mit Rücksicht auf diese beiden Annahmen, die im Bereiche des sympathischen Nervensystems vorkommenden zelligen Elemente betrachtet, so wird man eher zu der zweiten hinneigen. Die ungeheure Mannigfaltigkeit der Zellen hinsichtlich ihrer Configuration und Grösse, der Form und Grösse ihrer Kerne, des so ausserordentlich wechselnden Verhaltens der Fortsätze, bei der grössten Ähnlichkeit der Ernährungsverhältnisse, die bei ihrer nächsten Nachbarschaft unmöglich stark differiren können, macht die erste der zwei angeführten Annahmen zum mindesten sehr unwahrscheinlich. Wir würden im Hinblick auf diese Verhältnisse die perennirende Lebensdauer der Nervenzellen vielleicht wahrscheinlicher finden, wenn wir auf sicherer Basis ruhende Gründe zu der Annahme hätten, dass die Zellen im Sympathicus mit verschiedenartigen Functionen betraut wären, die mit der Verschiedenheit ihrer Form und Zusammensetzung Hand in Hand gingen. Hiefür bietet aber die Physiologie bis jetzt keine sicheren Anhaltspunkte, — ein Punkt, auf den wir an einer andern Stelle nochmals werden zurückzukommen haben.

Bei dem Versuche aber, die mannigfaltigen Formen der zur Beobachtung kommenden Zellen im Sympathicus in eine Reihe von Entwicklungsstadien einzuordnen, läuft man fortwährend

Gefahr, Irrthümer zu begehen, worauf bekanntlich Henle schon wiederholt und eindringlich hingewiesen hat.

Indem wir nun einen neuen Versuch wagen, die Vielheit der Formen, welche die Nervenzellen im Sympathicus darbieten, vom Standpunkte der Annahme einer Neubildung von zelligen Elementen aufzufassen, sind wir uns der Unzulänglichkeit der Methode vollständig bewusst. Wenn nun auch in Folge hievon die letzten Schlüsse im günstigsten Falle nur auf mehr oder weniger grosse Wahrscheinlichkeit werden Anspruch erheben können, so dürften doch, glaube ich, die thatsächlichen Befunde, welche ich vorzuführen habe, nicht ohne Werth für die Beurtheilung der in Frage stehenden Structurverhältnisse sein.

Von früheren Beobachtern über den uns beschäftigenden Gegenstand wurde als ein Modus der Vermehrung der Zellen im Nervensystem die Theilung der Zelle unter Betheiligung des Kernes bei diesem Vorgange statuirt. Man stützte diese Ansicht vorzugsweise auf die Beobachtung von zwei Kernen in einer Zelle.

Wenn man, wie diess gar nicht selten geschieht (abgesehen vom Sympathicus der Kaninchen, Meerschweinchen und Hasen, bei welchen bekanntlich zweikernige Zellen fast die Majorität bilden) auf Zellen mit zwei Kernen stösst, so ist allerdings der Gedanke sehr nahe liegend, hier eine Zellvermehrung durch Theilung anzunehmen. Bei einer sorgfältigen Untersuchung der einschlägigen Verhältnisse aber zeigt es sich, dass sich die angedeutete Auffassung der zwei- und mehrkernigen Zellen nicht durchführen lässt. Vor allem wäre es nothwendig, um die Wahrscheinlichkeit einer Neubildung von Nervenzellen durch Theilung alter Zellen, darzuthun, dass man Bilder zu Gesicht bekäme, in denen alle Stadien eines solchen Theilungsprocesses erkannt werden könnten. Man wäre sogar berechtigt, die Hoffnung zu hegen, auf derartige Befunde gar nicht selten zu stossen, im Hinblick auf die oft ungemein grosse Anzahl sehr kleiner Zellen, die unserer Annahme nach als junge und einem Theilungsprocesse alter Zellen entsprungene zu betrachten wären. Nun findet man aber weder an diesen sehr kleinen Zellen irgend welche Spuren, die auf ihre Entstehung durch Theilung anderer Zellen hinweisen würden, noch trifft man in ihrer Nähe auf Bil-

dungen, an denen man irgend etwas von einer Tendenz, sich zu theilen, wahrnehmen könnte.

L. S. Beale [1], der die Vermehrung der Ganglienzellen durch Theilung annimmt, hat keine Beobachtung angeführt, die einer der eben aufgestellten Forderungen entspricht. Dieser Autor baut vielmehr die Behauptung, dass neue Zellen durch Theilung alter entstehen, nur auf das Vorkommen von Gruppen von Zellen, die gewöhnlich von kleinen Dimensionen und von einer gemeinschaftlichen Hülle umgeben sind. Beale [2] theilt aber auch zu gleicher Zeit mit, dass Lockhart Clarke bei der Untersuchung der Spinalganglien sich von dem angeführten Modus der Vermehrung der Zellen nicht habe überzeugen können. Es scheint mir keinem Zweifel zu unterliegen, dass Beale bei seinen durch Theilung entstandenen Zellgruppen zum Theil die oben von uns beschriebenen Zellnester unter den Händen gehabt hat.

Fasst man diese Formationen mit Rücksicht auf die uns beschäftigende Frage ins Auge, so könnte man wohl zur Ansicht hinneigen, sie als Producte einer Zersplitterung einer alten Zelle aufzufassen. Man wird aber hievon zurückkommen, wenn man, abgesehen von anderen später zu erörternden Momenten, bei der Beobachtung einer sehr grossen Anzahl dieser Gebilde, niemals auf Bilder gestossen ist, an denen sich etwas von Furchung eines Kernes oder Theilung einer Zelle hätte demonstriren lassen. Es zeigen die Nester vielmehr für gewöhnlich ganz den Charakter vollständig fertiger Gebilde, ohne jegliche Spur, dass sie einem Vorgange der Theilung von anderen Zellen ihre Entstehung verdanken.

An denjenigen Stellen, an denen die kleinsten überhaupt vorkommenden Exemplare mitten unter grossen Zellen zerstreut vorkommen, könnte man ebenfalls leicht auf den Gedanken kommen, die kleinen Formen in irgend einer Weise von den grossen abzuleiten. Wenn schon die eben angeführten Erwägungen im Stande sind, in dieser Ansicht wankend zu machen, so dürfte dies in noch höherem Grade geschehen durch einen

---

[1] L. c. pag. 549.
[2] L. c. Anmerkung.

anderen gar nicht seltenen Befund. Im Grenzstrange sowohl, als auch ganz besonders in den feinen Eingeweidenerven trifft man mitten zwischen Fasern und weit entfernt von Gruppen grosser Nervenzellen eine ganz vereinzelte Zelle an. Diese ganz isolirt liegenden Zellen besitzen oft das kleinste überhaupt vorkommende Kaliber. Wollte man diese Zellen genetisch von anderen Nervenzellen ableiten, so müsste man annehmen, dass die Theilproducte einer sich theilenden Nervenzelle mit der Fähigkeit begabt sind, Form und Ort activ zu ändern, mit andern Worten, dass sie Contractilität besitzen. So weit aber bis jetzt die vielfachen und sorgfältigen Untersuchungen über Contractilität an thierischen Zellen reichen, sind solche an mit Sicherheit dem Nervengewebe zuzuzählenden Zellen noch nicht zur Beobachtung gekommen. Ich habe meine Aufmerksamkeit sehr oft bei der Untersuchung frischer Objecte in indifferenten Flüssigkeiten diesem Punkte zugewendet, ohne positive Resultate zu erzielen. Von den eben erwähnten, ihrer sehr geringen Grösse nach als junge anzusehenden Zellen müsste sonach angenommen werden, dass sie da entstanden sind, wo wir sie antreffen. — Wir haben aus den eben angestellten Betrachtungen entnehmen können, dass die Neubildung von Nervenzellen durch Theilung nicht viel Berechtigung für sich hat. Wir haben insbesondere erfahren, dass die Ableitung unserer Kern- und Zellennester aus anderen erwachsenen Nervenzellen nicht wohl durchzuführen ist. Wäre es nun nicht auch denkbar, dass diese Gebilde nicht sowohl die Producte einer Theilung typischer Nervenzellen wären, als vielmehr das Material darstellen, aus welchem durch Fortentwicklung in irgend einer Weise die ersteren ihren Ursprung nehmen? In der That haben wir nun, im Hinblick auf diese Ansicht über die Bedeutung der uns beschäftigenden Formationen, folgende Beobachtungen vorzulegen.

Hie und da findet man, insbesondere im Sympathicus von *Salamandra maculata*, Nester, in denen offenbar schon eine Anzahl ihrer Kerne in Umwandlung begriffen ist zu dem charakteristischen Kerne der echten Ganglienzellen. Dieser Vorgang der Umwandlung tritt auf unter Vergrösserung und Aufhellung eines Kernes, während das Kernkörperchen beginnt, deutlich hervorzutreten. Sobald aber diese Veränderung an dem Kerne bis zu

einem gewissen Grade gediehen ist, so verbindet sich damit auch eine Sonderung der Substanz, in welche die Kerne eingebettet liegen, in der Weise, dass sich entweder um den einen dem Kerne der typischen Nervenzellen in seinen Eigenschaften bereits ähnlich gewordenen Kern, oder um einen solchen in Gemeinschaft mit mehreren anderen unverändert gebliebenen ein Theil der feinkörnigen Substanz des Nestes abklüftet. Hiermit ist denn auch der Beginn der selbständigen Existenz von Nervenzellen s. s. gegeben. Als Beispiel für diesen Vorgang verweisen wir auf Fig. 12, 13 der Tafel. Man findet weiterhin im Gebiete des Sympathicus gar nicht selten Bildungen, welche zum einen Theil aus einer feinkörnigen Substanz mit mehreren eingestreuten Kernen, zum anderen Theil aus einer der Substanz der gewöhnlichen Nervenzellen gleichenden Masse mit einem einzigen grossen, bläschenförmigen, Kernkörperchen tragenden Kerne bestehen. Die beiden von einer gemeinschaftlichen Hülle umkleideten Theile sind entweder durch einen Spalt oder durch einen hereinragenden Fortsatz der Scheide von einander getrennt. Diese Formationen sind auch zuweilen an dem einen der anderen Pole in Fortsätze ausgezogen. Als Beispiel für diese im Sympathicus zur Beobachtung kommenden Bilder verweise ich auf Fig. 9, 15, 16.

Durch weitere Ausbildung der Kerne in dem vielkernigen Theile der eben beschriebenen Bildungen und Abklüftung eines Theiles der zugehörigen Substanz kann dann noch eine weitere Vermehrung typischer Nervenzellen producirt werden.

Mit Rücksicht auf die eben in Betracht gezogenen Vorgänge muss man erwarten, dass man im Sympathicus eine grosse Mannigfaltigkeit von Bildern, sowohl betreffs der Grösse der Zellen, als auch der an ihrer Zusammensetzung sich betheiligenden Kerne vorfindet. In der That kann man sich, wenn man sich hinlänglich lange Zeit mit den hier vorliegenden schwierigen Verhältnissen beschäftigt hat, nur wundern über die schematische Art und Weise, in welcher man die zelligen Elemente des peripherischen Nervensystemes in den Lehr- und Handbüchern beschrieb. Diejenigen Formen, auf welchen diese Beschreibungen und Abbildungen fussen, kommen allerdings sehr häufig vor; doch kann man kaum ein Präparat durchmustern, in dem sich nicht verschiedene andere auffinden liessen. Hiebei wollen wir

ganz absehen von allerlei Vorkommnissen im peripherischen Ganglien systeme, welche sich in das hergebrachte Schema noch viel schwieriger einreihen lassen, wie z. B. die in den Darmwandungen gelegenen gangliösen Plexus.

Ehe wir nun auf die Beschreibung einiger hie und da zur Beobachtung kommender Formationen eingehen, wollen wir noch vorausschicken, dass dieselben dem Verständnisse einigermassen näher gebracht werden können, wenn man die oben als wahrscheinlich hingestellten Umbildungsvorgänge ins Auge fasst. Dann erscheinen viele Vorkommnisse theils als Stadien der Entwicklung zu der typischen Form der Nervenzellen, theils sind sie als zurückgebliebene Spuren derjenigen Masse zu betrachten, aus welcher letztere ihren Ursprung genommen haben. Auch ein anderes, jedem, der sehr viele Präparate aus dem Sympathicus angesehen hat, auffälliges Phänomen würde hierdurch eine Erklärung finden können. Wir meinen die ausserordentliche Verschiedenheit der Zellen bei verschiedenen Individuen; es ist diese so gross, dass man bei Individuen ganze Haufen von Zellen desselben Typus vorfindet, während man sie bei anderen entweder vergeblich sucht oder nur sehr vereinzelt antrifft.

Was zuerst die Zellen mit zwei grossen, Kernkörperchen tragenden Kernen betrifft, so sind dieselben beim Frosche zwar nicht sehr häufig; doch kann ihr Vorkommen, wie dies auch schon geschehen ist, in keiner Weise in Abrede gestellt werden. Häufiger und zuweilen in überraschender Fülle trifft man Zellen mit zwei oder mehr grossen bläschenförmigen, für die Nervenkörper so charakteristischen Kernen bei *Triton cristatus* und *Salamandra maculata*. Die Kerne sind gewöhnlich von gleicher Grösse oder zeigen nur geringe Differenzen in ihren Maassen. Was nun die Deutung dieser Formen betrifft, so dürfen sie, meiner Meinung nach, nicht so aufgefasst werden, als seien die beiden Kerne durch Theilung eines einzigen in einer Mutterzelle entstanden. Die Entwickelung der zweikernigen Zellen dürfte vielmehr so vor sich gegangen sein, dass sich um zwei aus anderartigen Kernen hervorgegangene charakteristische Nervenzellenkerne eine bestimmte Masse von Substanz abgeklüftet hat. Es ist sehr wahrscheinlich, dass sich eine derartige zweikernige Zelle noch weiter zerklüften kann, in welchem Falle dann weiter-

hin zwei kleine einkernige Nervenkörper resultiren würden. Man sieht, dass ein solcher Vorgang demjenigen sehr nahe kommt, welchen man gewöhnlich für die Entstehung der zweikernigen Zellen statuirte. Die von uns vertretene Ansicht ist nur von der allgemein angenommenen darin wesentlich verschieden, dass sie die Kerne als von vornherein gegeben betrachtet und durch eine Fortbildung derselben den Beginn der Individualität der Nervenzelle ableitet, von einer Vermehrung der Kerne durch Theilung aber absieht.

Neben diesen Zellen nun, welche man als zwei- oder mehrkernige bezeichnen kann, trifft man im *Sympathicus* noch solche an, welche ausser dem charakteristischen Kerne noch andere Kernbildungen aufweisen [1]. Man ist erstaunt, öfter auf Individuen zu stossen, bei denen man derartige Formen in sehr grosser Anzahl trifft. Sie sind auch schon früheren Beobachtern aufgefallen, aber nicht hinlänglich berücksichtigt worden. So hat Courvoisier offenbar die hier in Rede stehenden Befunde unter den Händen gehabt, wenn er an den Spinalganglienzellen noch ausser dem charakteristischen Kerne andere Kerne beschreibt und letztere als „Polarkerne" bezeichnet. Jedenfalls irrt aber Courvoisier, wenn er diese Kerne nur um die Ausläufer der gangliospinalen Zellen herumgruppirt sein lässt, während sie den geraden Fasern der sympathischen Ganglienzellen fehlen sollen.

Diese zweite Art von in Nervenzellen vorkommenden Kernen zeigt im wesentlichen den Charakter der oben den Nestern zugeschriebenen Kerne. Sie sind durchweg kleiner, als der charakteristische Kern der Nervenzellen; während letzterer für gewöhnlich rund ist und ein Kernkörperchen trägt, sind diese öfters oval und des Kernkörperchens bar. Mit Chlorgold färben sie sich dunkler roth, als die umgebende Substanz der Zelle, während der charakteristische Kern für gewöhnlich lichter bleibt. Sie können in sehr verschiedener Anzahl vorhanden sein, entweder nur ein einziger, oder bis zu acht und mehr. Zuweilen ist ihre Contourirung sehr verwaschen und sie markiren sich dann nur als mehr oder weniger dunkle Schatten in der feinkör-

---

[1] Vergl. die Figuren 20, 21 u. 22.

nigen Substanz der Nervenzelle. Ihre Lage kann grossen Verschiedenheiten unterliegen. Während der grosse, lichte, bläschenförmige Kern in den birn- und ballonförmigen Nervenkörpern gewöhnlich nach dem Fundus zu gerückt erscheint, nehmen die eben erwähnten Kerne mit Vorliebe ihren Standort in dem verschmächtigten Theile der Zelle, in dem Theile, von welchem auch die Fortsätze zu entspringen pflegen. Nicht ausnahmslos aber ist dies der Fall, so dass die von Courvoisier vorgeschlagene Bezeichnung „Polarkerne“ als nicht passend angesehen werden kann. Auf diejenigen Formen, in denen aber die Kerne diesen Namen tragen könnten, werden wir noch einmal zurückzukommen haben. Die in Frage stehenden Kerne finden sich vielmehr in allen Theilen der verschiedenartig gestalteten Nervenkörper; allerdings zeigen sie öfters mehr Neigung, sich an der Peripherie, als in dem centralen Theile der Zelle anzusiedeln.

Mit Rücksicht darauf, dass die beschriebenen Kernbildungen durchaus nicht selten, sondern bei gewissen Individuen in grosser Anzahl vorkommen, halten wir es im Interesse einer schärferen Sonderung der im *Sympathicus* vorkommenden zelligen Elemente und einer besseren Verständigung über dieselben für zweckmässig, für die beiden Arten von Kernen besondere Bezeichnungen einzuführen. Ich möchte daher vorschlagen, den grossen, bläschenförmigen, kernkörpenchentragenden Kern Hauptkern zu nennen, die übrigen Kerne aber mit dem Namen der accessorischen Kerne zu belegen.

Wir haben noch zu erhärten, dass diese accessorischen Kerne wirklich ebenso in die feinkörnige Substanz eingelagert sind, wie die Hauptkerne, und dass hier keine Verwechslung mit anderweitigen Gewebselementen unterlaufen ist.

Erstlich könnte man glauben, dass wir es hier mit Kernen der Ganglienzellenhülle zu thun haben. Gegen diese Vermuthung aber spricht der Umstand, dass man die Kerne auch an Zellen sieht, an welchen keine Hülle mehr zu entdecken ist; weiterhin sind die Kerne der Hülle gewöhnlich kleiner und oval. Man kann sich ausserdem durch die Einstellung aufs genaueste darüber instruiren, dass unsere accessorischen Kerne unter der Hülle liegen, und es kommen Fälle zur Beobachtung, in denen man

sie mit der Schraube durch alle Tiefen des Nervenkörpers verfolgen kann. Offenbar haben wir es hier mit denselben Kernbildungen zu thun, von denen Henle und Merkel schreiben: „Doch meinen wir auch freie Kerne zwischen der Nervenzelle und der Wand des Hohlraumes wahrgenommen zu haben, und darüber blieb uns kein Zweifel, dass in vielen dieser Ganglienzellenscheiden die Kerne bald zu weitläufig, bald zu dicht und im Ganzen zu unregelmässig gestaltet sind, um überall als Kerne eines Pflasterepithelium gelten zu können." Auch mir ist nicht der mindeste Zweifel darüber geblieben, dass in den meisten Fällen diese Kerne, welche ich aber nicht in die Scheide, sondern in die von der Scheide umhüllte Substanz verlege, nicht als Kerne eines Pflasterepithelium (Fraentzel) aufgefasst werden können; die Existenz dieses der Innenfläche der Ganglienzellscheide aufgelagerten Epithelium betreffend, stimme ich, nach Ausweis meiner zahlreichen Beobachtungen mit Bidder [1] überein, dem „kein Bild vorgekommen ist, das auch nur im entferntesten diese Deutung gestattet oder gar gefordert hätte". Endlich haben diese einfachen Kerne nichts zu thun mit den Eiweissoder Sarcodetropfen (Robin), die man gar nicht selten an der Peripherie der Zellen in störender Weise sich ansammeln sieht. Letztere lassen sich bei einiger Erfahrung mit Sicherheit von unseren Kernen unterscheiden, da sie in Grösse und Lichtbrechung von diesen verschieden sind. Dieser eigenthümlichen Tropfenausscheidung aus dem Körper der Nervenzelle, welche man gut kennen muss, um sich vor Täuschungen zu bewahren, ist auch von J. Arnold [2] Erwähnung gethan worden.

Sowohl in Spinalganglien, als auch im *Sympathicus*, bei dem einen Individuum nur ganz vereinzelt, bei anderen wieder reichlich, trifft man auf Zellen, welche sich eng an die eben beschriebene Gattung anschliessen. Man findet gewöhnlich birnoder retortenförmige Nervenkörper, die deutlich aus zwei Theilen zusammengesetzt erscheinen. Der breitere Theil der Zelle, den man wohl auch als Fundus derselben bezeichnen kann, besteht aus einer feinkörnigen Substanz, in welche entweder mehr

---

[1] Reichert's u. Du Bois-Reymond's Archiv, Jahrg. 1868, p. 26.
[2] Virchow's Archiv, Bd. XXXII, p. 22.

diffus oder in einer unregelmässig begrenzten Anhäufung Pigmentkörnchen vorkommen und der grosse zusammengesetzte Kern liegt. An diesen Fundus nun setzt sich ein plattes, gewöhnlich nicht pigmentirtes, aus feinkörniger Substanz bestehendes Stück an. Dieses Ansatzstück nun ist durchsetzt von kleinen, runden, ovalen, ja zuweilen auch länglichen Kernen. Gegen den Fundustheil, welcher in diesen Formen das Aussehen der Nervenzellen *s. s.* bietet, ist das Ansatzstück mehr oder weniger scharf abgesetzt; es kommt auch vor, dass beide Theile durch eine Furche von einander getrennt sind, und dass sie nur in einer gemeinschaftlichen Hülle liegen.

Was nun aber diesen Theil der Zelle noch weiterhin auszeichnet, ist der Umstand, dass von ihm der Fortsatz, wenn überhaupt ein solcher vorhanden ist, ausgeht, und dass sich die Kerne ebenfalls gar nicht selten in diese Fortsätze hinein erstrecken. Durch die Behandlung mit Chlorgold wird der Fundus dunkelroth gefärbt, das Ansatzstück bleibt lichter; der Hauptkern sticht heller aus der Grundsubstanz hervor, die accessorischen Kerne werden dunkler, als die Substanz, in welche sie eingebettet liegen. Die von dem Ansatzstück ausgehenden Fortsätze zeigen denselben Farbenton, wie das erstere selbst. Auf diese eigenthümlichen Structurverhältnisse haben bereits Arnstein und Kollmann [1] hingewiesen. „Es gibt Ganglienkörper, welche in ihrem untern Theil eine moleculäre Masse mit Kernen enthalten, die von dem eigentlichen Protoplasma, das den charakteristischen Kern nnd das Kernkörperchen trägt, gewissermassen zu trennen ist. Der Inhalt zerfällt in zwei Abtheilungen: eine obere — sie hat man bisher vorzugsweise beobachtet — und eine untere, deren genaue Structur noch wenig aufgeklärt ist.“ Wahrscheinlich hat auch Lavdovsky [2] in der Harnblase des Frosches nichts anderes als diese Gebilde gesehen. Dieser Autor fasst dieselben als specifische Nervenendorgane auf; ihr Vorkommen ist jedoch durchaus nicht auf die oben angegebene Localität beschränkt.

---

1 Zeitschrift für Biologie, II. Bd. 1866. p. 285.

2 Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften. 1871, p. 33.

Endlich ist auch hier folgende Bemerkung von Pflüger[1] anzuführen: „Merkwürdig ist, dass eine solche grössere Ganglienzelle von 0·042 Millim. mehrere Kernkörperchen und ausserdem beim Übergange in die Nervenfaser eine schwache Anlagerung von Protoplasma mit mehrfachen ganglíösen Kernen enthalten kann".

Wenn wir den Versuch machen, in die ungeheure Mannigfaltigkeit der Formen, welche wir nur nach ihren Haupttypen im Vorhergehenden berührt haben, einen Zusammenhang zwischen denselben aufzufinden, so knüpfen wir am besten an das Vorkommen der kernhaltigen Nester an. Wir haben gesehen, wie es einerseits nicht wahrscheinlich schien, diese Formen von den typischen Nervenzellen durch Theilung oder endogene Zellvermehrung abzuleiten, anderseits aber einige Anhaltspunkte dafür gefunden werden konnten, dass sich die echten Nervenzellen durch Abklüftung aus den Kernnestern bilden. Die, so zu sagen, reinste Art und Weise, wie diese Abklüftung vor sich gehen kann, ist die, dass nur eine einzige einen Hauptkern bergende Zelle entsteht. Je mehr sich aber bei diesen Processen der Abklüftung dem abgeschnürten Theile Kerne beigesellen, desto leichter können sich an einem solchen Gebilde noch weitere Theilungsvorgänge abspielen und desto mehr unterscheidet sich ein solches von dem reinen Typus der Nervenzellen. Indem wir an einer späteren Stelle noch einmal auf die Bedeutung der geschilderten Bilder von einem anderen Standpunkte aus werden zurückzukommen haben, wollen wir uns nun einer weiteren Frage zuwenden, die im engsten Zusammenhange mit der jetzt behandelten steht. Wir suchten es wahrscheinlich zu machen, dass aus den kernhaltigen Nestern die mannigfaltigen zelligen Elemente, die wir im *Sympathicus* vorfinden, sich hervorbilden, und dass Bilder, die man früher auf einen an alten Zellen vor sich gehenden Theilungsprocess deutete, auf verschiedene Stadien eines Abklüftungsprocesses bezogen werden dürften. Im Hinblicke auf diese Ansicht werden wir vor die unabweisbare Beantwortung der Frage gestellt, woher stammt das kernhaltige Urmaterial, aus welchem wir die verschiedensten Formen von zelligen Ele-

[1] Stricker's Handbuch d. Lehre v. d. Geweben, Art. Speicheldrüsen, p. 322.

menten ableiten wollen. Bekanntlich kehrt eine ähnliche Fragestellung auf den verschiedensten Gebieten der histiogenetischen Forschung wieder und die Beantwortung bleibt entweder in suspenso oder wird in sehr verschiedener Weise geliefert. Wenn wir es unternehmen, hier eine Antwort zu geben, so sind wir uns wohl bewusst, dass das Beweismaterial mit voller Sicherheit nicht zu erbringen ist.

Gestützt auf eine Reihe eigenthümlicher Bilder, welche sich besonders an der mit so ausgezeichnet schönen Formelementen ausgestatteten *Salamandra maculata* gewinnen lassen, sind wir auf die Vermuthung gekommen, dass das Rohmaterial für die Neubildung von Nervenzellen dargestellt wird durch aus dem Gefässsystem stammende geformte Bestandtheile des Blutes, und zwar wesentlich durch rothe Blutkörperchen. Wir geben diese Vermuthung unter Anführung der für dieselben sprechenden Momente mit der vollständigsten Reserve, welche bei den ungemeinen Schwierigkeiten des Problems und der fundamentalen Tragweite derselben doppelt geboten ist.

Untersucht man den *Sympathicus* von *Salamandra maculata*, so erscheinen unsere Kern- und Zellennester sehr häufig schwach gelblich gefärbt, und zwar ist der pigmentirende Stoff nicht in Körnchen abgelagert, sondern diffus in die die Nester bildende Grundsubstanz eingetragen, ebenso wie bei den rothen Blutkörperchen. Die Grösse der einzelnen Kerne, welche, wie schon oben bemerkt, eine ausserordentliche Übereinstimmung in ihren Ausmassen zeigen, stimmt ganz mit derjenigen der rothen Blutkörperchen überein, und, was in frappanter Weise auffällt, zwischen der Grösse der Kerne und der rothen Blutkörperchen existirt eine ganz constante Relation, derart, dass mit der Zunahme der Blutkörperchenkerne bei verschiedenen Thierarten auch die Kerne, resp. Zellen unserer Nester wachsen. In dieser Beziehung habe ich den *Sympathicus* von *Rana temporaria* und *esculenta*, *Hyla arborea*, von *Salamandra maculata*, *Triton cristatus* und *Proteus anguineus* untersucht. Weiterhin trifft man die angeführten Nester sehr häufig in der Nähe noch mit Blutkörperchen angefüllter Gefässe, zu denen sie überhaupt innige nachbarliche Beziehungen haben.

Während die angeführten Momente sich sehr oft der Beobachtung in so eindringlicher Weise darbieten, dass man, trotz der grössten Skepsis, sich von der ausgesprochenen Hypothese nicht lossagen kann, so wird man in derselben noch etwas bestärkt, wenn man den Einfluss von Reagentien in Berücksichtigung zieht. In dieser Hinsicht ist vor allem zu bemerken, dass rothe Blutkörperchen sowohl gegen Chromverbindungen, insbesondere gegen Müller'sche Flüssigkeit, gegen die Behandlung mit Chromverbindungen und nachträglicher Carmintinction, wie insbesondere gegen Chlorgold dasselbe Verhalten zeigen, wie unsere Kern- und Zellennester, in welcher Beziehung ich auf die oben gemachten Angaben verweise. Zuweilen trifft man auf Präparate, in denen man zwischen notorischen zufällig in denselben vorhandenen rothen Blutkörperchen und den in Rede stehenden Nestern nur schwer unterscheiden kann.

Wie es mir scheinen will, sind die Nester für gewöhnlich auf rothe Blutkörperchen zurückzuführen. In Fällen, in denen die Nester nur auf eine einzige Zelle, die sich von den typischen Formen der Nervenzellen gut trennen lässt, reducirt sind, ist es mir zweifelhaft geblieben, ob hier ein farbloses oder ein verändertes rothes Blutkörperchen vorliegen mag. Dass die Blutkörperchen überhaupt, sobald sie einmal das Innere des Gefässsystems verlassen haben, sehr rasch Veränderungen eingehen können, ist übrigens von vornherein klar. Die Möglichkeit der Mitbetheiligung farbloser Blutkörperchen an den geschilderten Vorgängen will ich deshalb durchaus nicht in Abrede stellen halte sie vielmehr für wahrscheinlich.

Für die ausgesprochene Hypothese will ich noch weiter einige Gesichtspunkte anführen, welche dieselbe zwar durchaus nicht mit grösserer Sicherheit ausstatten können, wohl aber gewisse cardinale Grundlagen für die Möglichkeit eines ähnlichen Vorganges zu liefern vermögen.

Einmal sind die Ganglien, wie auch die Nerven reich an Blutgefässen. Insbesondere besitzen die ersteren ausserordentlich reich entwickelte Capillarnetze, welche sehr an die Gefässanordnung in acinösen Drüsen erinnern.

Zweitens ist der Durchtritt von rothen Blutkörperchen durch die Wandungen der Gefässe eine vollständig erwiesene That-

sache. Es ist nur zu verwundern, dass man gewöhnlich nur vom Durchtritt der farblosen Blutzellen spricht, während doch die Beobachtungen, welche sich auf die Diapedesis von geformten Bestandtheilen des Blutes bezogen, zuerst an rothen Blutkörperchen gemacht wurden (Stricker, Prussack [1]). Da sich die früher erörterten Formationen im Nervensysteme, welche wir von dem Gefässsysteme entstammendem geformten Elemente des Blutes ableiten möchten, oft in sehr grossen Dimensionen vorfinden, so dürfte es mit Hinblick hierauf nicht unwichtig sein, auf eine Beobachtung hinzuweisen, welche neuerdings Stricker [2] mitgetheilt hat, der zufolge im Mesenterium des Kaninchens der Durchtritt von rothen Blutkörperchen en masse vorkommt. Endlich wollen wir noch die Aufmerksamkeit auf einen Umstand hinlenken, welcher mir für die hier vorgetragene Hypothese nicht ohne Bedeutung zu sein scheint. Im Anschlusse an frühere ähnliche Beobachtungen und Ansichten wurde neuerdings auf Grund äusserst sorgfältiger Untersuchungen von J. Arnold [3] dargethan, dass die Blutgefässcapillaren als solide Sprossen entstehen, und dass die Canalisation erst secundär erfolgt. Tritt letztere ein, ehe noch durch die Vereinigung von zwei sich entgegen wachsenden Sprossen eine Continuität hergestellt ist, so wäre hier eine Bedingung zum massenhaften Erguss von geformten Bestandtheilen des Blutes gegeben. Sollte auch noch während des Lebens [4] eines bereits ausgewachsenen Thieres eine Neubildung von Capillaren, abgesehen von krankhaften Verhältnissen, stattfinden, wofür mancherlei Beobachtungen zu sprechen scheinen, so könnten die Blutkörperchen zum Zwecke der hypothetisch statuirten Umwandlung auch noch auf einem anderen Wege, als auf dem des per Diapedesin erfolgenden Austrittes aus dem Gefässsysteme bezogen werden.

Was die specielle Fassung der hier vorgetragenen Hypothese betrifft, so streift eine von Henle und Merkel ausge-

---

[1] Sitzungsberichte d. Wiener Akademie d. Wissenschaften, Bd. LII u. LVI.

[2] Wiener medicinische Jahrbücher. 1871, II, p. 123.

[3] Virchow's Archiv, Bd. 53.

[4] Eberth in Stricker's Handbuch, p. 201.

sprochene Ansicht nahe an dieselbe heran. Für die sogenannten Körner, welche als wichtige Baubestandtheile in die Zusammensetzung des Hirns und Rückenmarkes eingehen, stellen die genannten Autoren die Hypothese auf, dieselben möchten nichts anderes darstellen, als dem Blutgefässsystem entstammende weisse Blutkörperchen. Über ihr weiteres Schicksal heisst es daselbst l. c. p. 80: „Einfach durch successive Vergrösserung wandeln sich, wie man an jedem Durchschnitte durch die Grosshirnrinde zeigen kann, die glatten Körner in die charakteristischen Kerne der Ganglienzellen um. Ein heller Saum, der sich um diese Kerne bildet, als hätte die moleculäre Substanz sich von demselben zurückgezogen, deutet die Entstehung der Nervenzelle an.“ Die Ideen der Schule Döllinger's, die eine directe Umwandlung der Blutkörperchen zu Parenchym statuirte [1], würden vom Standpunkte der hier vorgetragenen Hypothesen allerdings in eindringlicher Weise einer erneuerten Prüfung unterzogen werden müssen. Endlich sei noch der von Hertz [2] geäusserten Vermuthung Erwähnung gethan, welche bei der Regeneration der Nerven den weissen Blutkörperchen eine hervorragende Rolle zuweist.

II.

Die Lehre von den Nervenzellen hat in der relativ kurzen Zeit, die seit Entdeckung derselben verflossen ist, bereits mehrfache Wandlungen erfahren. Zuerst wurden sie nur in einer contiguirlichen Beziehung zu den faserigen Elementen des Nervensystemes stehend angesehen und dieser Ansicht entsprechend als „Belegungskörper“ (Valentin) bezeichnet. Nachdem jedoch durch eine Reihe der sorgfältigsten Untersuchungen das Vorkommen von Nervenzellenfortsätzen und der Übergang dieser Fortsätze in Nervenfasern aufgedeckt worden war, verfiel man in das andere Extrem, und ist jetzt fast allgemein geneigt, die Existenz apolarer Ganglienzellen vollständig zu läugnen. Wo

---

[1] Henle's Jahresbericht in der Berichterstattung über die eben erwähnte Ansicht von Henle und Merkel. 1868. p. 61.

[2] Virchow's Archiv, Bd. XLVI.

man apolare Zellen vorzufinden glaubte, hielt man dieselben nicht für normal vorkommende unversehrte Gebilde, sondern suchte die Ursache ihrer Apolarität in einem durch äussere Einwirkungen auf die Zellen hervorgerufenen Verlust der Fortsätze. Was aber mehr noch als die Resultate der directen Beobachtung die Apolarität der Zellen in Misscredit brachte, war das physiologische Raisonnement, welches sich, vom Standpunkte unserer dermaligen Kenntnisse über die Vorgänge im Nervensysteme, über die Bedeutung fortsatzloser Zellen keine Rechenschaft geben zu können glaubte.

Bereits in meinem Aufsatze in Stricker's Handbuch habe ich meine Meinung dahin abgegeben, dass man mit Unrecht das Vorkommen apolarer Zellen leugnet. Auch Kölliker, der doch auf diesem Gebiete eine reiche Erfahrung besitzt, ist für apolare Zellen eingetreten. Ebenso reden Auerbach und Stieda den apolaren Zellen das Wort. Alle diese Forscher sprechen aber auch noch die weitere Vermuthung aus, es möchten die fortsatzlosen Zellen, welche zur Beobachtung kommen, nur Entwicklungsstadien von Zellen mit Ausläufern sein, womit sie stillschweigend zuzugeben scheinen, was wir oben eingehender zu begründen versuchten, dass selbst bei erwachsenen Thieren noch Entwicklungsvorgänge im Nervensysteme sich abspielen.

Was nun die thatsächlichen Beweise für die Existenz apolarer Nervenzellen im *Sympathicus* betrifft, so ist es, wie leicht begreiflich, schwierig, dieselben beizubringen. Insbesondere wollen wir kein Gewicht darauf legen, dass an grösseren, mit Präparirnadeln auseinander gezerrten Ganglien sehr oft Zellen zur Beobachtung kommen, die keine Spur eines Fortsatzes an sich bemerken lassen; hier könnte man sagen, seien die zarten Fortsätze abgerissen worden, obwohl man sich bei längere Zeit fortgesetzter Beschäftigung mit diesem Gegenstand einen sehr feinen Blick für die geringsten Spuren verloren gegangener Fortsätze aneignet. Sehr misstrauisch wird man jedoch gegen die These von der Nichtexistenz apolarer Nervenzellen, wenn man, wie es gar nicht selten geschieht, innerhalb der Bindegewebshülle eines Nervenstämmchens zwischen den einzelnen Fasern Ketten von Zellen sieht, die nicht die mindeste Spur eines Fortsatzes zeigen. Weiterhin zeigen vereinzelte, in ähnlicher Weise

zwischen den Fasern vorkommende Zellen sehr oft nicht die mindeste Andeutung eines Fortsatzes. An denjenigen Zellen, welche sich innerhalb von Nestern vorfinden und sich in ihrem Habitus den echten Nervenzellen nähern, ist es mir ebenfalls oft nicht geglückt, Fortsätze aufzufinden.

Nach eingehender und sorgfältiger Prüfung dieses Gegenstandes stehe ich nicht an, zu behaupten, dass der Satz: „alle Nervenzellen besitzen Fortsätze“, entschieden ebenso unrichtig ist, als die durch die Entdeckungen von Helmholtz, Bidder u. A. siegreich aus dem Felde geschlagene Ansicht, dass die Nervenzellen nur Belegungskörper von Nervenfasern darstellen.

Die nun eben aufgestellte Behauptung, dass im *Sympathicus* zweifellos apolare Zellen vorkommen, steht in engster Beziehung zu der oben entwickelten Theorie von einer während des Lebens eines erwachsenen Thieres vorkommenden Neubildung von Nervenzellen. Indem ich mich nun weiterhin der von Kölliker u. A. für wahrscheinlich gehaltenen Ansicht anschliesse, dass die apolaren Zellen nur Entwicklungsstadien von Zellen mit Ausläufern darstellen, gelange ich dazu, den Nervenkörpern eine wesentlich andere Bedeutung zuzuschreiben, als man dies bisher gethan hat. Wenn ich den Nachweis versucht habe, dass im *Sympathicus* fortwährend eine Neubildung von Ganglienzellen vor sich gehe, so muss man, so weit ich sehe, hieraus die nothwendige Consequenz ziehen, dass auch Nervenzellen als solche wieder zu Grunde gehen, d. h. einem Processe anheimfallen müssen, welcher allmälig ihrer Existenz als selbständige Individuen ein Ende setzt. Dieser Process aber ist, wie ich näher nachzuweisen versuchen werde, kein anderer, als dass die Nervenzellen, anfangs apolar, unter bis jetzt ihrer näheren Charakteristik nach jeder Vermuthung sich entziehenden Bedingungen mehr oder weniger rasch auswachsen und zu Nervenfasern werden.

Zu dieser Ansicht wird man aber durch folgende Beobachtungen geführt.

Erstlich sind es nicht gerade häufige Beobachtungen, durch die man darthun kann, dass die von den Nervenzellen ausgehenden Fortsätze den Charakter wirklicher Nervenfasern annehmen,

insofern man letztere sowohl durch ihre Reactionen und Aussehen, als auch durch die Eigenthümlichkeiten ihres Verlaufes charakterisiren kann. Auch auf diesem Gebiete hat man, offenbar physiologischen Theorien zu Liebe, dem wirklich vorliegenden Beobachtungsmaterial Gewalt angethan. Wenn man das relativ seltene Sichverfolgenlassen von Nervenzellenfortsätzen in wirkliche Nervenfasern mit dem Umstande erklären wollte, dass durch die künstliche Präparation die Übergangsstellen leicht zerstört werden, resp. die Fortsätze da, wo sie bereits den Charakter von Nervenfasern angenommen haben, abgerissen seien, so gilt hiefür das bereits oben Gesagte. Gegen die allgemein angenommene Ansicht aber, dass jeder Zellfortsatz den Anfang einer jederzeit in continuo weiter zu verfolgenden Nervenfaser darstelle, sprechen folgende Beobachtungen.

Hie und da, bei manchen Individuen sogar nicht selten, stösst man auf Bilder, wie in Fig. 18. Zwischen markhaltigen Fasern nämlich liegt eine einzige Nervenzelle mit grossem, klarem, kernkörperhaltigem Kerne. Sie erscheinen an dem verjüngten Theile sehr stark mit Pigment- und Fetttröpfchen durchsetzt. Eine derartige Zelle zieht nun, indem sie an einem Ende mit einem Fortsatze versehen ist, wie eine Birne mit einem Stiele, gleichsam eine Strasse zwischen den gut charakterisirten Nervenfasern, welche dadurch, dass sie ganz ebenso wie die Substanz der Zelle selbst, von Pigment und Fett durchsetzt ist, sich sehr scharf von der Umgebung abgrenzt und so der genauesten Beobachtung zugänglich ist. An solchen Stellen nun, welche man leider nur durch Zufall in so beweisender Art unter die Augen bekommt, lässt sich vollkommen klar demonstriren, dass der Fortsatz der Zelle innerhalb des Perineurium ganz scharf aufhört, und dass von einem Übergange in ein Gebilde von dem ausgesprochenen Charakter einer Nervenfaser nicht die Rede sein kann.

Sehr häufig trifft man auch auf eine Anordnung von Nervenfasern, wie sie in Fig. 10 abgebildet ist. Untersucht man derartige Präparate mit Hilfe stärkerer Vergrösserungen, so bemüht man sich sehr oft ganz vergeblich, den zweifellosen Übergang eines Nervenzellenfortsatzes in eine Nervenfaser zu beobachten, d. h. es lässt sich eine im Bündel befindliche Faser nicht

mit voller Deutlichkeit bis zu ihrem Ursprung aus der Zelle verfolgen. Es entziehen sich vielmehr die Fortsätze, welche sich auf kürzere oder längere Strecke noch verfolgen lassen, spurlos der weiteren Beobachtung, wie dies auch schon vielfach von früheren Forschern angegeben wurde. Doch haben die Beobachtungen an Präparaten, an welchen die Fortsätze nicht durch ihren Gehalt an Pigment oder Fett sehr scharf von ihrer Umgebung abgegrenzt erscheinen, nicht die volle beweisende Kraft, da immer noch der Einwand übrig bleibt, dass im Gewirre der in verschiedenster Richtung über einander geschichteten Fasern der Zusammenhang zwischen Zelle und Faser sich leicht dem Blicke entziehen kann.

Bemerkenswerth und wichtig ist alsdann noch die schon früher angemerkte Thatsache, dass auch die Kern- und Zellennester Fortsätze aussenden. Ebenso kommen an den ebenfalls schon früher erwähnten Gebilden, die zum Theil aus einer feinkörnigen, von einfachen Kernen durchsetzten Substanz, zum Theil aus einer wirklichen Nervenzelle bestehen, Fortsätze vor, ohne dass man behaupten könnte, dass die fraglichen Gebilde immer mit Fortsätzen versehen sind.

Oben wurde bereits erwähnt, dass man hie und da Zellen trifft, die deutlich aus zwei mehr oder weniger scharf abgegrenzten Substanzen bestehen. Es lässt sich nun zuweilen sehr schön zeigen, dass der von einem solchen Gebilde entspringende Fortsatz seinen Ursprung eigentlich nur aus der mit accessorischen Kernen versehenen Substanz nehmen kann, und dass die den Hauptkern enthaltende Nervenzelle *s. s.* an der Bildung dieses Fortsatzes gar keinen Antheil nimmt. Dass die Spiralfaser mit kernigen Bildungen im Zusammenhang stehe, erwähnt auch Kölliker[1].

Was die Dimensionen und den feineren Bau des Fortsatzes betrifft, so liegen die Verhältnisse auch nicht so ganz klar. Dass Fortsätze Kerne enthalten können, habe ich sehr häufig beobachtet, so dass ich in dieser Beziehung mit Kölliker nicht übereinstimmen kann. Dass die Nervenzellenfortsätze sehr oft einen fibrillären Bau besitzen, hat Max Schultze urgirt. Ich

[1] L. c. p. 254.

habe öfters gesehen, dass von den oben beschriebenen, grosse Mannigfaltigkeit bietenden Formationen Fortsätze abgehen, die, nahe der Zelle, aus einer gleichartigen, der Zellensubstanz gleichenden Substanz bestehen, sehr bald aber eine Zusammensetzung aus feinsten Fibrillen zeigen, die den Charakter von marklosen Nervenfasern besitzen, und an denen sich zuweilen auch Spuren von Markumhüllung nachweisen lassen. In Fig. 17 ist ein Fall dargestellt, in welchem eine Zelle mit einem Hauptkern und accessorischen Kernen an den beiden Polen Fortsätze entsendet, welche aus Convoluten von Fäserchen bestehen. Einen ganz ähnlichen Befund hat Klebs [1] aus der Harnblase vom Frosche beschrieben und abgebildet, und mit Recht darauf aufmerksam gemacht, dass sich solche Bilder nicht mit der Lehre von der Einfachheit der Nervenzellenausläufer vereinigen lassen.

Bei über hinlänglich reichhaltiges Material ausgedehnten Untersuchungen kann man nicht übersehen, welch' grosse Verschiedenheiten bei verschiedenen Individuen das Verhältniss zwischen apolaren und polaren Zellen zeigt. Zuweilen ist die Majorität der Zellen mit Fortsätzen versehen, und es hat mir geschienen, als seien gerade in diesen Fällen die Zellen mit accessorischen Kernen und die öfters erwähnten complicirt gebauten Nervenkörper in besonders zahlreicher Weise vertreten. Auch stimme ich darin mit Kölliker, Beale u. A. überein, dass da, wo die Spiralfaser vorhanden ist, die accessorischen Kerne nur selten vermisst werden.

Mit Bezug auf die Spiralfasern, die ich für diesmal nicht näher in Betracht zu ziehen gedenke, will ich hier nur bemerken, dass ich auf Grund meiner Beobachtungen nur das wiederholen kann, was ich bereits andernorts mit Bestimmtheit ausgesprochen habe, nämlich dass davon, dass alle Zellen des *Sympathicus* mit der Spiralfaser versehen seien, keine Rede sein kann. Die Spiralfaser aber für eine wesentlich andere Bildung als die gerade Faser zu erklären, insbesondere ihr, im Gegensatze zur geraden, die nervöse Natur abzusprechen, wie dies von manchen Seiten geschehen ist, dafür habe ich keine

[1] Virchow's Archiv, Bd. XXXII, p. 196.

Anhaltspunkte gefunden. Ich halte die gerade und die spirale Faser, da wo sie angetroffen wird, für gleichwerthig, und in Übereinstimmung mit Arnold und Beale für nervös. Und auch darin finde ich, im Hinblick auf das oben Vorgebrachte, nichts Absonderliches für die Spiralfaser, wenn es nicht glückt, wie dies Bidder[1] ausdrücklich bemerkt, ihren Übergang in Nervenfasern zu beobachten, da ich bei dem Versuche, gerade Nervenzellfortsätze in ihrem Übergange in Fasern zu verfolgen, ebenso oft negative als positive Resultate erzielt habe.

Bevor ich in der weiteren Besprechung der oben ausgesprochenen Hypothese über die Bedeutung der peripherischen Nervenzellen fortfahre, muss ich mir erlauben, hier einige physiologische Bemerkungen einzuschalten. Ich halte dies für umsomehr angezeigt, als ja, wie ich dies an mehreren Stellen hervorzuheben Gelegenheit hatte, die histologische Forschung in ihren Postulaten und Schlüssen sich vielfach von den physiologischen Theorien leiten liess.

Dreierlei Functionen sind es, welche, nach dem Ausweise unserer jetzigen Kenntnisse, dem Hirn- und Rückenmarke, als den nervösen Centralorganen im engeren Sinne, zukommen. Einmal kommen in denselben durch Verschwinden eines in den Nerven zugeleiteten Erregungsvorganges Empfindung, oder durch den Überschlag der Erregung auf motorische Fasern (Reflex) Bewegungsimpulse zu Stande. Zweitens entsteht in denselben der Erregungsvorgang und verschwindet an der Peripherie (Contraction von Muskeln, Secretion von Drüsen etc.). Drittens sind die sognannten psychischen Vorgänge an das Hirn gebunden.

Ohne Bedenken kann man es aussprechen, dass wir keinerlei bestimmte Kenntnisse darüber haben, an welche Gewebselemente die eben genannten Verrichtungen geknüpft sind. Im Hirn und Rückenmarke finden sich zu zahlreich noch andere Structurelemente als die typischen Nervenzellen vor (fein granulirte Substanz, Körner, Henle), als dass man diese für vollständig

---

[1] Du Bois-Reymond's u. Reichert's Archiv, 1868, p. 30. (Die Endigungsweise der Herzzweige des *N. vagus* beim Frosche.)

unbetheiligt an den specifischen Functionen dieser Organe halten sollte.

Man hat seit Volkmann's Vorgange den Ganglienzellen, welche man in den Organen vorfindet, mannigfache Verrichtungen zugeschrieben, und insbesondere glaubte man die Herzbewegung, die peristaltischen Bewegungen verschiedener, mit glatten Muskelfasern versehener Organe etc. einem besseren Verständniss näher zu bringen, wenn man für ihre eigenthümlichen Bewegungsvorgänge in den Ganglienzellen „peripherische Centren" statuirte. Diese Centren machte man zum Sitze der verschiedensten Kräfte, welche man wiederum durch allerlei Momente auslösen liess.

Alle diese Theorien machten eine Unterstellung, die mir in ihrer Richtigkeit sehr bedenklich erscheint. Da während des normalen Lebens Erregungen von Nerven entweder nur im Hirn und Rückenmark entstehen, oder nur Anlass zum Zustandekommen von Empfindung geben können, wenn sie im Hirn vergehen, in diesen Localitäten aber zellige Elemente (von immerhin noch anderem Charakter, als in den peripherischen Ganglien) vorhanden sind, so schloss man hieraus, dass normalerweise diese specifischen Vorgänge nur in den zelligen Elementen des Nervensystems primär hervorgebracht werden können. Einmal ist nun aber durchaus nicht erwiesen, dass die feinkörnige Substanz und die sogenannten Körner irrelevant sind für die Functionen des Gehirns und Rückenmarks, ja die massige Anhäufung derselben an Territorien der genannten Centren, macht, worauf Henle schon öfters hingewiesen hat, das Gegentheil sehr wahrscheinlich. Wollten wir aber auch die exclusive Bedeutung der Zellen in den Centralorganen zugeben, so folgt daraus noch lange nicht, dass, wenn überhaupt eine den Functionen des Hirns und Rückenmarks ähnliche Leistung in den peripherischen Ganglien gesetzt wird, diese nur in Zellen verlegt werden kann. In dieser Beziehung ist überhaupt zu erinnern, dass nicht ein einziger gut beglaubigter Fall bekannt ist, in welchem ein in einem peripherischen Ganglion vor sich gehender Reflex constatirt wäre. Bernard hat zwar bekanntlich behauptet, dass im *Ganglion submaxillare* vom *Nerv. lingualis* aus ein Reflex ausgelöst werden könne auf die secretorischen Fasern der ***Chorda***

tympani, und Kühne in seinem Lehrbuch der physiologischen Chemie bemerkt mit Recht hiezu, dies sei der erste und einzige bekannte Reflexvorgang ohne Betheiligung nervöser Organe der Cerebrospinalaxe. Die Richtigkeit der Bernard'schen Angabe aber hat sich, wie aus den Versuchen von Eckhardt [1] hervorgeht, nicht bestätigt.

Als diejenigen Vorgänge nun, deren Einleitung man bekanntlich mit Vorliebe den Ganglienzellen zuschreibt, betrachtet man die Pulsationen des Herzens, die Peristaltik der Därme etc. Was nun diese Bewegungsvorgänge betrifft, so ist erstlich gar nicht hinlänglich erwiesen, dass sie nicht auch ohne Intervention von peripherischen Ganglienzellen vor sich gehen können [2]. Bekanntlich hat neuerdings Th. W. Engelmann [3] sich sowohl für den Ureter, als auch für die Därme, mit aller Entschiedenheit gegen die Nothwendigkeit der Annahme erklärt, dass die peristaltischen Bewegungen der genannten Organe zu ihrem Zustandekommen der Nervenzellen bedürfen. Den Hauptbeweis für diese im Widerspruch mit der allgemein herrschenden Ansicht stehende Behauptung stützt Engelmann auf seine negativen Befunde in Bezug auf Vorkommen von Ganglienzellen in der eigentlichen Muskelsubstanz des Ureter und die ungenügende Anzahl von Nervenendigungen. Wenn man nun auch einwenden kann, dass derartige negative Resultate nicht zu den Beweisen der stringentesten Art gehören, so ist doch zum mindesten zuzugeben, dass bei der hinreichenden Übung und Geschicklichkeit, die Niemand dem genannten Forscher absprechen wird, und den ausgezeichnet günstigen Bedingungen, welche das zur Untersuchung verwendete Object für die Beobachtung bietet, das Vermissen von Ganglienzellen im Ureter ein nicht zu unterschätzender Befund ist.

Gehen wir näher auf die Frage ein, was denn eigentlich für die Erklärung der Erscheinungen am Herzen durch die Annahme

---

[1] Zeitschrift für rationelle Medicin. III. Reihe. Bd. XXIX.

[2] Auf diesen Gegenstand werde ich demnächst in einer ausführlichen Experimentaluntersuchung zurückkommen.

[3] Pflüger's Archiv für die gesammte Physiologie. II. Bd. 1869. p. 243.

von in demselben gelegenen selbständigen, durch Nervenzellen repräsentirten Centren gewonnen ist, so vermögen wir nicht abzusehen, wie die Annahme dieser Centren die Sache vereinfacht oder wie eine solche durch den Stand unserer positiven Kenntnisse über die Leistungen der Nerven und Muskeln verlangt wird.

Bei den Contractionsphänomen des Herzens liegt, so weit ich sehe, der Cardinalpunkt nicht darin, dass das ausgeschnittene Herz noch selbständig weiter pulsirt; wir sehen nicht ein, warum nicht, unter Annahme der selbständigen Irritabilität der Muskeln, die im Augenblicke fast allgemein als zweifellos gilt, die Einleitung von Muskelcontractionen auf specifische noch kurze Zeit post mortem sich geltend machende Reize, ohne Intervention von Nervenzellen und Nervenfasern sollte stattfinden können. In dieser Beziehung steht jetzt gar nichts mehr im Wege, auf den Standpunkt A. v. Haller's zurückzugehen, soweit nämlich die Existenz einer „Muskelirritabilität" und nicht die Natur des Reizes in Frage kommen. Die Schwierigkeit beginnt erst, wenn es sich darum handelt, das regelmässige Fortschreiten der Bewegung von einem Theile des Herzens auf den anderen und die Rhythmicität des Vorganges zu erklären. Was diese Punkte betrifft, so hat Schiff [1] allerdings die Hypothese aufgestellt, dass das Herz die Ursachen seines Typus in seiner ganzen anatomischen Anordnung unabhängig von allen Ganglien trägt. Hiermit ist offenbar nichts erklärt und nur eine Möglichkeit der Erklärung, ohne die Zuhilfenahme von Ganglienzellen, angedeutet. Nun käme es darauf an, die genaue Charakteristik dieser ganzen anatomischen Anordnung zu liefern. Engelmann hat sich in dieser Richtung positiver ausgedrückt, indem er die präexistirende Trennung in Fasern für die glatte Musculatur des Ureter in Abrede stellt, und dieselbe als eine kolossale hohle Faser bezeichnet; einer ähnlichen Ansicht neigt er auch für das Herz zu.

Man wird, wenn man sich auf das Gebiet der Vermuthungen begibt, zugestehen, dass man die gesetzmässige Fortpflanzung der Bewegung beim Herzen, den Organen mit glatten Mus-

[1] Lehrbuch der Muskel- und Nervenphysiologie, p. 419.

kelfasern etc., am einfachsten unter Vermittelung von Nervenfasern vor sich gehend, auffassen kann, so lange die von Schiff postulirte ganze anatomische Anordnung nicht näher nachgewiesen ist. Aber ich vermag auf keine Weise abzusehen, wie man zu der Annahme gedrängt werden soll, dass nur die Ganglienzelle zur Einleitung des Erregungsvorganges geschickt sei. Oben haben wir schon darauf hingewiesen, dass nicht ein einziger gut beglaubigter Fall vorliegt, in welchem in einer peripherischen Nervenzelle ein ähnlicher Vorgang gesetzt wird, wie in den grossen Centren Hirn und Rückenmark. Wollte man zur Erklärung einer von einer Partie contractiler Substanz auf eine andere in gesetzmässiger Weise sich übertragenden Contraction die unbedingte Nothwendigkeit der Intervention von Nervenzellen statuiren, dann könnten wir hiefür einen zureichenden Grund nur darin finden, dass in der Nervenfaser, ohne jede Intervention einer Zelle, schlechterdings in keiner Weise die Bedingungen zur Einleitung des Erregungsvorganges gegeben sind. Nun ist aber doch zur Genüge dargethan, dass man für die motorischen und Secretionsnerven die Innervation von Hirn und Rückenmark ersetzen kann durch mechanische, chemische, elektrische und thermische Reize, als durch welche verschiedenartigsten Eingriffe im peripherischen Nerven der Zustand der Erregung mit seinen specifischen Wirkungsqualitäten hervorgerufen werden kann. Wenn man also schon einmal die Annahme machen will, dass noch in anderen Organen ausser im Hirn und Rückenmark eine centrifugal wirkende Erregung von Nerven gesetzt werden kann, so ist kein zwingender Grund vorhanden, die einzige Stätte, an welcher die Einleitung derselben vor sich gehen kann, in die Nervenzellen zu verlegen.

Bezüglich der Functionen der Nervenzellen in vielen Organen, wie z. B. Darm, Uterus, Herz etc., fand man sich in der oben charakterisirten Weise mit denselben ab. In vielen anderen Organen aber, in denen die Ganglienzellen sehr massig vorkommen, kann man noch nicht einmal eine Vermuthung über deren specifische Thätigkeit aufstellen, so über die Nervenzellenanhäufungen in den Speicheldrüsen und in den verschiedenen Schleimhäuten.

Mit Hinblick auf die oben angeführte functionelle Bedeutung der Nervenzellen, welche ich denselben, im Gegensatze zu den allgemein den Ganglienzellen zugeschriebenen Leistungen, vindicirte, führe ich hier eine Äusserung [1] an, welche bemerkenswerth erscheint. „Die Deutung der Ganglien der Epiglottisschleimhaut ist sehr schwierig. Man könnte annehmen, dass sie nach Analogie des *Glossopharyngeus* in der Zunge mit der Sensibilität in Beziehung ständen, oder dass sie einen Einfluss auf die Secretion der Drüsen hätten, oder dass sie einfach eine Vermehrung der Nervenfasern bedingten."

Sehen wir in den peripherischen Nervenzellen nicht sowohl die Stätten specifischer Leistungen, als vielmehr angehäuftes Reservematerial für den Nachwuchs irgendwie leistungsunfähig gewordener Fasern, so erscheinen uns viele Beobachtungen und physiologische Angaben in einem anderen Lichte. Die sogenannten trophischen Functionen, die man so vielfach den Anhäufungen von Nervenzellen zugeschrieben hat, würden von unserem Standpunkte aus eine sehr greifbare Gestalt annehmen, indem eben die trophische Function in nichts anderem bestünde, als dass die anfangs apolaren Zellen durch Auswachsen schliesslich zu Fasern werden, die einestheils mit Hirn und Rückenmark, anderntheils mit peripheren Organen in Verbindung stünden. Das gehäufte Vorkommen von Nervenzellen im *Sympathicus* würde dann in einer gewissen genetischen Beziehung zu der reichen Verbreitung von marklosen Fasern im sympathischen Systeme stehen. Dass die markhaltigen Fasern auf einer gewissen Stufe ihrer Entwicklung des Markes entbehren, wird allgemein angenommen.

Die Apolarität der Zellen, die man besonders aus physiologischen Rücksichten vollständig bestritt, würde leicht verständlich sein. So lange die Zelle als ruhendes Reservematerial figurirt, ist sie apolar. Sobald sie anfängt, ihrer Bestimmung entgegenzureifen, sendet sie Fortsätze aus. Man bekommt dann Zellen zu Gesichte, deren Fortsätze entweder noch ganz den Charakter der Nervenzellsubstanz tragen, oder mehr oder weni-

---

[1] Lindemann, Über die Nerven der Kehlkopfschleimhaut; in Zeitschrift für rationelle Medicin. III. Reihe. Bd. XXXVI.

ger den verschiedenen Gattungen von Nervenfasern gleichen. Mit der fortschreitenden Entwicklung des einen oder mehrerer der Fortsätze würde aber die Zelle das Ende ihrer ausgeprägten individuellen Existenz finden und nunmehr nur noch in verkümmerten Resten als Bestandtheil der Nervenfasern fortbestehen.

Wir statuiren bei diesem Vorgange, dass auf dem weiten Wege von den nervösen Centralorganen bis zu den peripheren Organen die von verschiedenen Zellen ausgehenden Fortsätze sich treffen können, und so endlich eine Continuität hergestellt werden kann [1]. Mit Rücksicht auf diesen postulirten Vorgang nun erscheint die Eigenschaft der Zellen nicht sehr zweckmässig, dass sie für gewöhnlich nur an einer Seite Fortsätze zeigen. Diese Thatsache ist von allen Forschern, die über den *Sympathicus* des Frosches Beobachtungen angestellt haben, angemerkt worden und vollständig sichergestellt, wobei wir hier nicht nochmals darauf eingehen wollen, ob von dem einen Pole immer Spiralfaser und gerade Faser abgehen müssen. Wenn, könnte man einwerfen, die Function der Zelle wirklich darin bestände, durch Auswachsen und Verschmelzen der Fortsätze zu Fasern zu werden, so wäre durch die Unipolarität der Zellen sicher nicht gut für diese Verwerthung der Nervenzellen gesorgt. In der That hat mich die Beobachtung von der vorherrschenden Unipolarität der Ganglienzellen oft in der vorgetragenen Hypothese wankend gemacht. Doch habe ich meine in dieser Hinsicht gehegten Zweifel fallen lassen, als ich ein Bild beobachtete, wie es in Fig. 19 abgebildet ist. Hier entsendete eine mit einem Hauptkerne versehene Zelle deutlich einen Fortsatz, der aus derselben Substanz, wie die Zelle selbst, bestand. Nach kurzem Verlaufe legte sich dieser Fortsatz unter Bildung einer Verbreiterung an eine zweite ebenfalls kernhaltige Zelle an, welche aber ganz geschlossene Contouren und keine Spur eines Fortsatzes zeigte. Es ist also nicht nothwendig, dass Fortsatz mit

[1] Kölliker scheint einer ähnlichen Meinung zu sein. Er hält es nach seinen Erfahrungen über die Entwicklung der Nerven in den Schwänzen der Froschlarven für wahrscheinlich, dass die Ausläufer der Nervenzellen des Markes in einer gewissen Entfernung von demselben mit peripherischen Zellen sich in Verbindung setzen. Entwicklungsgeschichte, p. 267.

Fortsatz verschmilzt, sondern es kann der von einer Zelle ausgehende Fortsatz sich mit dem fortsatzlosen Pole einer anderen Zelle vereinigen; von dieser zweiten Zelle aus kann dann das Material zur Weiterbildung durch Auswachsen nach der entgegengesetzten Seite geliefert werden. Da übrigens auch bipolare Zellen vorkommen, ebenso die complicirt gebauten Gebilde im *Sympathicus* gar nicht selten, wie oben ausgeführt, nach verschiedenen Seiten gerichtete Fortsätze zeigen, so kann die Art und Weise des Zusammenwachsens der Nervenzellenfortsätze zu Nervenfasern wohl sehr verschieden sein.

Bei dem Modus des Entgegenwachsens von Fortsatz zu Fortsatz oder von Fortsatz zu Zellen, ist es jedenfalls schwer zu begreifen, wodurch gerade dieses richtige Zusammentreffen bedingt sein mag. Eine Erklärung hiefür zu geben, liegt ausserhalb des Bereiches der Hilfsmittel der Wissenschaft. Soviel aber wollen wir doch hier bemerken, dass dieser Process nicht mehr und nicht weniger Räthselhaftes hat, als wenn auf Excision eines Nervenstückes nach einer bestimmten Zeit die Function des Nerven unter Rückkehr der richtigen Localisation der Empfindung und Bewegung sich wiederherstellen kann. Und zwar bleibt das Räthselhafte, d. h. nicht weiter der Erklärung zugängliche, ganz dasselbe, welcher der von den gangbaren Theorien über die Regeneration von peripherischen Nerven man sich auch anschliessen mag.

Es würde eine nicht zu unterschätzende weitere Stütze für die hier vorgetragene Ansicht sein, wenn man an Fasern im *Sympathicus* Beobachtungen machen könnte, welche sich im Sinne des vermutheten Entwicklungsmodus deuten liessen. Ich glaube nun in der That, Bilder gesehen zu haben, welche sich sehr gut den eben dargelegten Vorstellungen fügen. Gar nicht selten findet man nämlich im Verlaufe von Fasern Anschwellungen, welche sich nicht als sog. Kerne der marklosen Nervenfasern im gewöhnlichen Sinne auffassen lassen. Diese Anschwellungen sind entweder rundlich oder spindelförmig und lassen in ihrem Innern noch deutlich einen Kern erkennen [1]. Ob auch die Kerne der

---

[1] Ähnlicher Befunde erwähnt auch L. S. Beale (l. c.) und erläutert dieselben durch Abbildungen. Vergl. besonders Plate III, Fig. 9 u. 14.

Fasern (nicht zu verwechseln mit den Kernen der Scheide) in diesem Sinne aufzufassen sind, will ich nicht weiter in Betracht ziehen. Ebenso soll an dieser Stelle nur flüchtig darauf hingewiesen werden, dass von den hier entwickelten Gesichtspunkten aus, die von so vielen Autoren erwähnten, aber in sehr verschiedener Weise gedeuteten knotigen Anschwellungen in den reichen präterminalen Nervennetzen verschiedener Territorien, vielleicht eine befriedigende Deutung erfahren könnten.

Kommen wir nach diesen Auseinandersetzungen nochmals auf die oben ausführlicher behandelten Kern- oder Zellennester zurück, so müssen wir die früher denselben zugeschriebene Bedeutung nun erweitern und zwar in einem Sinne, welcher sich eng an das Vorhergehende anschliesst.

Einmal haben wir oben von den Kern- oder Zellennestern ausgesagt, dass sie ein Material zur Bildung von Nervenzellen darstellen. Zweitens haben wir zum öfteren erwähnt, dass dieselben gerade so wie die Nervenzellen *s. s.* mit Fortsätzen versehen sein können.

Jetzt, nachdem wir über die Hauptbedeutung der Nervenzellen im *Sympathicus* unsere Vermuthung geäussert, dürfte für die Zellennester die wichtigste Function ebenfalls darin gesucht werden, dass sie für die Neubildung von Nervenfasern zu sorgen haben. Gleichsam als Zwischenstation zwischen diese ihnen zugetheilte Endaufgabe ist die Bildung von Nervenzellen *s. s.* eingeschaltet, welche aber später ebenfalls ihrem Geschicke, zu Fasern zu werden, nicht entgehen. Die Nester können also entweder als solche, oder nachdem sich Zellen aus ihnen gebildet, für den Nachwuchs von Fasern in Verwendung treten. Von welchen Momenten es im gegebenen Falle abhängt, ob die endliche Verwerthung mit oder ohne Einschaltung dieser Zwischenstation vor sich gehe, darüber lässt sich auch nicht einmal eine Vermuthung aufstellen. Jetzt dürfte sich auch wohl ein Einwand discutiren lassen, den ich an früherer Stelle nicht erhoben habe, und dessen Erledigung sich nun bewerkstelligen lässt. Als ich oben für die Kern- und Zellennester die Bestimmung statuirte,

---

Nach Beale aber sind diese Anschwellungen nicht sowohl Reste alter, als vielmehr die Anfänge neuer Zellen.

zur Neubildung von Nervenzellen zu dienen, musste sich hieran billig die Frage knüpfen: „Was wird aus den Nervenzellen? wie gehen sie unter? Denn würden nicht fortwährend Nervenzellen in ihrer individuellen Existenz einem Destructionsprocesse anheimfallen, so müsste die Anhäufung derselben ins Unbegrenzte wachsen. Jetzt können wir diese Fragen dahin beantworten, dass durch die Umwandlung von Nervenzellen in Nervenfasern fortwährend Nervenzellen als solche verschwinden müssen.

Glauben wir auch die Schwierigkeiten, die sich der Beantwortung der Frage nach der Bedeutung der so mannigfaltigen zelligen Elemente des *Sympathicus* entgegenstellen, einigermassen befriedigend aus dem Wege geräumt zu haben, so thürmen sich doch in der weiteren Verfolgung der entwickelten Vorstellungen neue auf. Denn offenbar wiederholen sich dieselben Erwägungen, die wir oben für die Zellen ausgesprochen haben, nun auch für die Fasern. Auch bei diesen muss, wenn wirklich eine stetige Neubildung erfolgt, ein allmäliger Degenerationsprocess platzgreifen. Ich habe natürlich nicht versäumt, von diesem Gesichtspunkte aus die faserigen Elemente des *Sympathicus* und der Cerebrospinalnerven einer eingehenden Untersuchung zu unterziehen. Die Verhältnisse sind aber hier ebenfalls so schwierig und verwickelt, dass ich mich vorderhand auf Erörterungen hierüber nicht einlassen will und dieselben einer zweiten späteren Mittheilung vorbehalte.

III.

An einer früheren Stelle dieser Arbeit habe ich bemerkt, dass sich die gegebenen Schilderungen durchgängig nur auf *Rana esculenta* und *temporaria* beziehen. Nur gelegentlich habe ich mich auf Befunde an Thieren aus den übrigen Wirbelthierclassen bezogen. Insbesondere war dies der Fall bei der Erwähnung der Kern- und Zellennester, von denen ich ausgesagt habe, dass man sie bei *Triton* und *Salamandra* nie vermisse.

Indem ich nun auf diese Gebilde nochmals zurückkomme, beabsichtige ich, unter Zugrundelegung einer Reihe von Beobtungen am *Sympathicus* von *Triton*, *Salamandra maculata* und einem Exemplare von *Proteus anguineus* eine weitere Ansicht zu

entwickeln, welche auf das bereits Mitgetheilte ein neues Licht zu werfen im Stande sein dürfte.

Sofort fällt einem bei der Präparation des *Sympathicus* der genannten Thiere auf, dass die Knoten eine eigenthümliche gelblich-weisse Färbung besitzen und vollständig undurchscheinend sind. Verfolgt man diese Knötchen von oben nach unten, so bemerkt man, dass dieselben in ihrem äusseren Habitus ganz übereinstimmen mit demjenigen Organe, welches, der Niere seitlich an- oder auch aufgelagert, ganz allgemein als Analogon der Nebenniere höherer Wirbelthiere aufgefasst wird. Man überzeugt sich so, selbst ohne das Mikroskop noch zu Hilfe genommen zu haben, von der vollständigen Richtigkeit der Angaben von Leydig. In dem Abschnitte seines Lehrbuches, welcher von den Nebennieren [1] handelt, setzt dieser Autor auseinander, „dass bei Selachiern, Ganoiden und Reptilien den einzelnen Ganglien des *Sympathicus* Portionen von Nebennieren angeschlossen sind oder sich vielmehr als integrirende Abschnitte derselben beurkunden".

Muss man schon bei makroskopischer Beobachtung die grosse Ähnlichkeit im Verhalten der sympathischen Knötchen mit der Nebenniere der genannten von mir zur Untersuchung verwendeten Reptilien auffallend finden, so wird man bei der mikroskopischen Untersuchung kaum mehr anstehen, sich der Ansicht Leydig's unbedingt anzuschliessen. Bringt man nemlich ein Knötchen, am besten in sehr verdünnter Müller'scher Flüssigkeit oder in einpercentiger Kochsalzlösung unter das Mikroskop, so ergeben sich als wesentliche Bestandtheile derselben folgende morphotische Elemente.

Erstlich vermisst man niemals in denselben in Bezug auf quantitatives Vorkommen, jedoch sehr variirend, Bündel theils markhaltiger, theils markloser Nervenfasern. Zweitens trifft man auf Zellen, welche sich, allen ihren Charakteren nach, sofort zweifellos als Nervenzellen im engeren Sinne zu erkennen geben. Sie liegen entweder in Gruppen, von besonderen Hüllen umgeben; in dieselben hinein lassen sich gewöhnlich Nerven-

[1] Pag. 189 u. Anatomisch-histologische Untersuchungen über Fische und Reptilien. Berlin 1853, p. 101 u. ff.

fasern verfolgen, ohne dass man über ihre Beziehungen zu den Zellen deutliche Anschauungen gewinnen kann. Sehr gewöhnlich sind sie auch zwischen die Nervenfasern eingestreut. Ganz frisch untersucht sind diese Zellen sehr blass, der Kern nur mit Mühe herauszufinden. Diese Eigenschaften der Nervenzellen, insbesondere von *Salamandra maculata*, sowie die geringe oder gänzlich mangelnde Pigmentirung, lassen die Zellen nicht so scharf und rasch in die Augen fallen, wie dies bei *Rana* der Fall ist. Bei längerem Liegen des Präparates erhalten die Zellen eine feine Granulirung und zeigen dann auch deutlich Kern und Kernkörperchen. Ihr Verhalten gegen verschiedene Reagentien ist das der typischen Nervenzellen.

Drittens präsentiren sich die Nester, deren Beschreibung wir bereits oben geliefert haben, und auf welche wir nun des näheren nicht weiter einzugehen haben.

Viertens aber findet sich in allen derart untersuchten Knoten ein Bestandtheil, welchem dieselben das eigenthümliche gelblich-weisse Ansehen und die Undurchsichtigkeit verdanken. Er wird dargestellt durch Zellenhaufen, welche in Bezug auf Grösse und Configuration eine grosse Variation zeigen.

Die Zellen selbst, welche, in ihrer natürlichen Lage, eine scharfe Abgrenzung von einander nicht zeigen, sind aufs eindringlichste von den übrigen zelligen Elementen unterschieden durch ihren Reichthum an dunklen, glänzenden Körnchen, welche die Zellsubstanz dicht durchsetzen und nur den Kern als lichten Fleck frei lassen. Ihre optischen und chemischen Eigenschaften machen es wahrscheinlich, dass sie aus Fett oder einer fettähnlichen Substanz bestehen. Schon unter dem Druck des Deckgläschens lösen sich einzelne Körnchen leicht los; bei Anwendung der Präparirnadel werden die *Granula* massenhaft in Freiheit gesetzt und erfüllen, das Phänomen der Molecularbewegung zeigend, das ganze Präparat. Isolirt zeigen die Zellen sich oft in lange Spitzen ausgezogen, wie ich dies besonders schön bei *Proteus anguineus* beobachtet habe.

Aus diesen Zellen nun, welche vermöge der sie erfüllenden Fettkörnchen wenig Licht durch sich hindurchlassen, aber von ihrer Oberfläche stark reflectiren, besteht nun der Hauptmasse nach die eigentliche Nebenniere bei *Salamandra* und *Triton*.

Bei letzterem Thiere sind die Nebenniere im engeren Sinne und die den sympathischen Ganglien angehefteten Portionen noch durch eine eigenthümliche gelbliche Färbung ausgezeichnet; es dürfte das färbende Princip hier und in dem eigentlichen Fettgewebe identisch sein.

Mit Rücksicht auf die herrschende Eintheilung des Nebennierenparenchyms in Mark- und Rindensubstanz ist es nun unschwer zu übersehen, dass, nach den vorausgeschickten Schilderungen die mit Körnchen erfüllten Zellen als Nebennierenrindenzellen, die zu den „Kern- oder Zellennestern" zusammengelegten Zellen als Nebennierenmarkzellen aufgefasst werden können. Die Analogie zwischen den morphotischen Elementen der genannten Nebennierenbestandtheile und den geschilderten, regelmässig in den Bau der sympathischen Ganglien eingehenden Bestandtheile ist derart ausgesprochen, dass an der Richtigkeit der Behauptungen von Leydig füglich nicht mehr der geringste Zweifel aufkommen kann.

Der oben geschilderte Befund der Kernnester aber bei *Rana* und anderen Arten aus der Classe der Amphibien lässt den eigenthümlichen Zusammenhang zwischen Nebennieren und sympathischen Nervenknoten noch besser erkennen. Es lässt sich aus demselben unschwer ableiten, dass nicht allein bei den schon von Leydig hervorgehobenen Selachiern, Ganoiden und Reptilien (*Salamandrina* und *Perennibranchiata*), sondern auch bei den Batrachiern zwischen Nebennieren und *Sympathicus* eine enge Gemeinschaft besteht. Die Kernnester (welche ich übrigens auch bei Sauriern aufgefunden habe) sind nämlich, in Bezug auf ihre morphologischen Charaktere und ihr mikrochemisches Verhalten, ganz identisch mit denjenigen Elementen, welche sich aus der Marksubstanz der Nebennieren isoliren lassen. Was das mikrochemische Verhalten betrifft, so erinnere ich hier nochmals an die oben erwähnte Reaction gegen Chromverbindungen, welche von allen Beobachtern als charakteristisch für die Zellen aus der Marksubstanz der Nebennieren betont wurde.

Wir sehen also, wie sich auch den sympathischen Ganglien der Batrachier Portionen von Nebennieren zugesellen. Nur ist gegen das Verhalten in den Ordnungen der *Salamandrina* und

Perennibranchiata, Selachier und Ganoiden (Leydig), ein zweifacher Unterschied hervorzuheben. Einmal ist den sympathischen Knoten bei den Batrachiern nur Marksubstanz der Nebenniere beigegeben, während bei den genannten Arten Rindensubstanz und Marksubstanz regelmässig mit typischen Nervenzellen vereint vorkommen. Zweitens ist das Vorkommen der Marksubstanz der Nebenniere (Kern- und Zellnester) im *Sympathicus* der Batrachier kein so regelmässiges [1], wie dies für die Zusammengehörigkeit von Nervenzellen des *Sympathicus* mit Nebennierensubstanz für *Salamandrina* etc. ausgesagt werden kann.

In vergleichend anatomischer Beziehung sind die hier besprochenen Verhältnisse von nicht geringem Interesse.

Sie erweitern den Kreis der Beobachtungen, die schon seit längerer Zeit zu dem Versuche geführt haben, der Nebenniere ihre Stellung unter den nervösen Organen anzuweisen. Während bei den höheren Wirbelthieren die Nebenniere ein räumlich vollständig individualisirtes Gebilde darstellt, wird sie, beim Abwärtssteigen in der Reihe der Thiere, gleichsam in ihre Bestandtheile zerlegt. Leydig bemerkt (Anatom. histolog. Untersuchungen, p. 105): „Die Nebennieren der Säugethiere aber sind nicht zerfällt, sondern bilden eine einzige Masse, oder sollten vielleicht auch hier die einzelnen Ganglien des Grenzstranges bei genauerem Nachforschen noch Abschnitte darbieten, die im Kleinen die Nebennieren wiederholen?“ Nach ausgedehnten Beobachtungen über den Bau der sympathischen Ganglien von Säugethieren ist mir kein Zweifel darüber geblieben, dass die von dem genannten ausgezeichneten Forscher aufgeworfene Frage bejahend zu beantworten ist. Ausführlichen Bericht über diesen Gegenstand behalte ich mir für später vor. Durch die Zuordnung aber dieser Bestandtheile zu den Ganglien des *Sympathicus* wird ein Einblick in die Bedeutung der Nebenniere gestattet, welcher bei höheren Thieren nur schwierig zu

[1] Das quantitative Verhältniss zwischen Nebennierenmarksubstanz und eigentlichen Nervenzellen im *Sympathicus* scheint mit bestimmten physiologischen Zuständen des Thieres, abhängig von Jahreszeit, Ernährungsverhältnissen etc., zu wechseln.

gewinnen ist. Dass aber hier schon längst eine Anlehnung der Nebennieren an das Nervensystem versucht wurde, ist bekannt. Insbesondere verweise ich auf die Angaben von Bergmann über den allseitig bestätigten Reichthum der Nebennieren an Nervenfasern, auf das häufige Vorkommen von Nervenzellen und von nervenzellenähnlichen Gebilden in der Marksubstanz (Joesten, Moers, Holm u. A.), und auf die entwicklungsgeschichtlichen Angaben von Remak. Die Ansicht, welche ich oben für die Bedeutung der Zellennester beim Frosche aufgestellt habe, muss ich folgerichtig auch für die identischen Gebilde bei *Salamandra* und *Triton*, welche wir als Marksubstanz der Nebenniere erkannt haben, aufrecht erhalten. Leydig bemerkt (a. s. O.): „Ausser der directen Beziehung der Nebennieren zum Nervensystem ist aber auch unverkennbar, dass sie bei Fischen, Reptilien und Säugethieren eine innige Relation zum Gefässsystem haben.“ Dass sie sich zu echten Nervenzellen zu entwickeln vermögen, dass sie ihre Genese aus Formbestandtheilen des Blutes herleiten, dafür sprechen hier dieselben Momente, die ich oben berührt habe. Die Behauptung Henle's [1], dass in der Marksubstanz der Nebenniere das Blut in Bahnen kreise, welche selbständiger Wandungen entbehrten, sowie die Beschreibung Holm's [2] von „zweifelhaften“ Nervenzellen in der Marksubstanz der Kaninchen-Nebennieren will ich hier, da sie an einen oben entwickelten Gedankengang anstreifen, nur flüchtig erwähnen. Ebenso will ich auf eine Bemerkung von Leydig über ein Vorkommen in der *Hypophysis cerebri* von *Raja* die Aufmerksamkeit lenken, da bekanntlich Henle auf eine Analogie im Baue dieses Organs und der Marksubstanz der Nebenniere hingewiesen hat. Leydig sagt [3]: „Sehr viele Blutgefässe umspinnen im ganzen Hirnanhang die geschlossenen Blasen, und, was merkwürdig ist, man findet in grösster Menge, und vorzüglich in den seitlichen gefässreichen Ausläufern der *Glandula*, die rück-

---

[1] Zeitschrift für rationelle Medicin. III. Reihe. Bd. XXIV, p. 143.

[2] Sitzungsberichte der Wiener Akademie. Bd. LIII. 1866.

[3] Beiträge z. mikroskopischen Anatomie u. Entwicklungsgeschichte der Rochen u. Haie. 1852, p. 13.

wärts schreitenden Metamorphosen von Blutkügelchen. Man überblickt von noch gelben Blutkügelchen bis zu schwärzlichen Trümmern in 0·00675—0·0135″ grossen Zellen alle Zwischenstufen. Das endliche Schicksal dieser Zellen im Gehirnanhang muss als ein Übergang in 0·003375″ grosse helle Lymphkügelchen dargestellt werden, wenigstens sind die Mittelglieder zwischen 0·00675″ grossen, die scharfcontourirten Reste von Blutkügelchen enthaltenden Kugeln und den Lymphkörperchen zu zahlreich, als dass man sich dieser Annahme entschlagen könnte.“ Eine erneute Untersuchung dieses Organes bei niederen Wirbelthieren dürfte mancherlei Aufschlüsse über wichtige Fragen liefern.

Endlich wäre noch die Frage aufzuwerfen und zu beantworten, in welchem Verhältnisse steht die den sympathischen Ganglien von Fischen, Amphibien und Reptilien beigegebene Rindensubstanz der Nebenniere zu den unzweifelhaft nervösen Theilen, den Nervenfasern und den Nervenzellen. Die Beantwortung der Frage zu geben, muss ich für diesmal verzichten. Nur soviel will ich bemerken, dass es mir bei *Salamandra* öfters vorgekommen ist, als bestünden Übergangsformen von den körnig infiltrirten Rindensubstanzzellen durch kernhaltige weniger granulirte Zellen zu den Anhäufungen von Markzellen [1] (Kern- oder Zellennester). Diese Verhältnisse aber bedürfen noch weiterer eingehender Studien.

Gern hätte ich dem Leser, als Frucht mehrjähriger angestrengter Arbeit über den hier verhandelten Gegenstand, anstatt Hypothesen, die nur auf mehr oder weniger grosse Wahrscheinlichkeit Anspruch erheben können, fest und exact bewiesene Sätze vorgelegt. Im Laufe dieser Untersuchung habe ich mehr als einmal die Hoffnung aufgegeben, mit unseren jetzigen Hilfs-

[1] Leydig (Anatom. histolog. Untersuchungen, p. 103): „so überschaut man mit Leichtigkeit, dass die schmutziggelben Ganglienkugeln durch allmälige Umwandlung ihres Inhaltes in die fettkörnigen Zellen der sogenannten Nebennieren direct übergehen“.

mitteln und festgebannt im Kreise der zur Zeit herrschenden physiologischen Lehren, in dem Labyrinthe der durch eigene Beobachtungen erworbenen Anschauungen und der unzähligen in der Literatur bereits niedergelegten Angaben einen untrüglich leitenden Faden zu finden. Immer aber bin ich, alle Bedenken über den Erfolg oder Nichterfolg meiner Bemühungen niederschlagend, aufs neue zu dem Gegenstande zurückgekehrt. Mit fortwährenden Zweifeln kämpfend und, entsprechend dem Gegenstande, nicht im Stande, den sicheren Gang folgerichtig gedachter Experimente einzuhalten, habe ich nur langsam mich von denjenigen allgemein im Schwange befindlichen Ansichten losgesagt, deren ich oben erwähnt habe.

Ich wiederhole nochmals, dass ich den hier vorgetragenen Ansichten nur den Grad von Sicherheit vindicire, welchen die Methoden, mit denen sie gewonnen sind, besitzen. Im Interesse der Sache aber kann ich nur wünschen, dass die vielen in diesen Blättern besprochenen strittigen Punkte baldigst einem derart klaren Verständnisse zugeführt werden, dass dasselbe seinen Ausdruck nicht mehr in Hypothesen, sondern in Gesetzen finden kann.

NACHTRAG.

Die in den vorliegenden Blättern besprochenen Beobachtungen lagen mir bereits längere Zeit in einem abgeschlossenen und vollständig druckfertigen Manuscripte vor, als meine Aufmerksamkeit durch Zufall auf eine Schrift von Stannius („Beobachtungen über Verjüngungsvorgänge im thierischen Organismus." Rostock und Schwerin 1853) gelenkt wurde. Da diese Schrift entweder wenig bekannt geworden oder ihres eigenthümlichen Inhaltes wegen nicht beachtet oder vergessen worden zu sein scheint, so will ich diejenigen Stellen, welche hier in Betracht kommen, ohne weitere Bemerkungen daran zu knüpfen, wörtlich hieher setzen.

Pag. 3 u. ff.

„Vergleichende anatomische, physiologische und mikroskopische Studien hatten mich seit vielen Jahren schon wechselnde Zustände gewisser Organe und mikroskopischer Gebilde des

thierischen Körpers, je nach Verschiedenheit der Jahreszeit oder des Lebensalters, vermuthen lassen, welche zum Theil auch das Ergebniss physiologischer Versuche, die an der gleichen Thierart, jedoch zu verschiedenen Jahreszeiten, angestellt wurden, auffallend modificirten. Da manches Wahrgenommene auf Verjüngungsvorgänge gewisser Gebilde des Thierleibes hinwies, wurden anhaltende Forschungen auf den directen Nachweis solcher gerichtet. Die ersten Ergebnisse bestanden in der Erkenntniss, dass das Vorkommen bipolarer Ganglienkörper an gewissen Nerven der gleichen Thierart angehöriger Individuen, je nach Verschiedenheit der Jahreszeit oder des Lebensalters, beträchtlichen Schwankungen und Verschiedenheiten unterworfen ist. Anhaltend fortgesetzte Beobachtungen, insbesondere am Dorsch, *Gadus callarias*, aber auch anderen, z. B. *Zoarces viviparus, Esox lucius* u. s. w. angestellt, führten zu dem Resultate, dass die für die keimbereitenden Geschlechtstheile bestimmten Nerven und Ganglienkörper in beständiger oder durch Pausen unterbrochener Neubildung begriffen sind. Jene Beobachtungsreihen am Dorsch ergaben, dass bei diesem Fische die Entwicklung der für jene Nerven bestimmten Ganglienkörper, theils in blutkörperhaltigen Schläuchen, zum grösseren Theil aber in den von mir als Nebenniere beschriebenen und gedeuteten Organen geschieht. Sie liessen ferner in diesen Nebennieren selbst temporär entstehende und vergehende Gebilde erkennen. Sie führten, weiter ausgedehnt, zu der Erkenntniss, dass die Gangliennester vieler Knochenfische in den blutkörperhaltigen Schläuchen einer schon von Rathke erkannten, mit den Nieren eng verbundenen und verschmolzenen Blutgefässdrüse, die besonders den vordersten Abschnitt der Niere mächtig vergrössert, sich ausbilden. Sie liessen beim Stör eine, im Herbste wenigstens, von den auswärts gelegenen Nieren getrennte, vom Kopfe bis zum Schwanze sich erstreckende, aus Blutgefässen und Exsudatkörpern gebildete Drüse, in welcher den Nebennieren ähnliche Körper, sowie der Grenzstrang des *Sympathicus* eingebettet liegen, erkennen [1]. Sie führten zu näherer Untersuchung der von Leydig beschriebenen, dem sympathischen Grenzstrange der Pla-

[1] Ich hatte diese Drüse früher mit den Nieren verwechselt.

giostomen adjungirten Gebilde, da ein glücklicher Zufall Exemplare von *Raja clavata* und *Acanthias vulgaris* während des milden Winteranfangs in die Ostsee geführt hatte, die mir lebend oder frisch zukamen, und lehrten in diesen beim Hai von den Wandungen der Venen ausgehenden, Gefässschlingen enthaltenden, lymphatischen Bläschen, wie in den sogenannten Nebennieren, deren hinterster, beträchtlichster Theil bei *Raja* bisher noch gar nicht erkannt war, Keimstätten für die Ganglienkörper des *Nervus sympathicus*, sowie die Entwicklung von Remak'schen Fasern in jenen Ganglienkörpern kennen. Sie liessen bei einem von der Schnauzenspitze bis zum After hin $1^1/_2$ Fuss langen Schaf-Fötus die Entwicklung von Ganglienkörpern und in diesen die Entwicklung spindelförmiger, den Remak'schen Fasern oder den Kölliker'schen Fasernzellen entsprechender Fasern innerhalb grauröthlicher, zum Theil mit zu- und abführenden Venen versehener, den Lymphdrüsen oder der Winterschlafdrüse ähnlicher, Exsudatkörper enthaltender, Gebilde erkennen, die auswärts von der Hohlvene durch die ganze Länge der Rumpfhöhle sich erstreckten, auf die Aorta sich fortsetzend, an die Nebennieren herantretend. Sie wiesen in den Nebennieren des Schafes gleichfalls Keimlager für sympathische Elemente nach. Sie liessen beim Kaninchen ähnliche Gebilde wie beim Schafe und zugleich die Nebennieren als Keimlager des Sympathicus erkennen. Sie führten auf Untersuchung analoger Verhältnisse beim Menschen. Bei einem 7monatlichen menschlichen Fötus wurde, an jeder Intercostalvene anhangend, nach aussen vom Grenzstrange des Sympathicus, neben dem Capitulum der Rippe, ein kleines Bläschen entdeckt. Nach Eröffnung seiner faserigen Hülle fanden sich ihm zunächst Exsudatkörperchen ähnliche Formbestandtheile und zwischen ihnen eine zähe, trübe, Elementarkörner enthaltende Masse. In dieser lagen zahlreiche Kernfasern, analog Remak'schen Fasern und Kölliker'schen contractilen Faserzellen. Im Umkreise anderer Gefässe lagen Nester solcher Exsudatkörper, von zarten Bläschen umhüllt. Auch sie enthielten jene Faserzellen. An der Aussenfläche der *Arteria cruralis*, der *Arteria axillaris* und ihrer Äste wurden Blutgefässe wahrgenommen mit blinden, sackförmigen Ausstülpungen, welche Blutkörper oder Exsudatkörper eingekapselt enthielten. In einzelnen Lumbardrüsen

wurden häufig erweiterte Gefässe wahrgenommen; in welchen eben solche Kapseln vorkamen. Aus einigen wurden Faserzellen ausgedrückt. In der enorm grossen Nebenniere wurden Nester der von Ecker in den Nebennieren beschriebenen Schläuche, von concentrischen Hüllen umgeben, wahrgenommen; die runden in der gemeinsamen Hülle aggregirten Blasen enthielten Ganglienkörpern ähnliche Massen mit grossem Kern und Kernkörper. Einwärts von der Nebenniere lagen Massen von kugelförmigen Gebilden, aus Exsudatkörpern bestehend; in ihnen eingeschlossen zum Theil sympathische Ganglien; zum Theil waren sie leer.

Aus den Nebennieren eines 52jährigen Mannes traten dicke sympathische Stränge hervor. Jene enthielten, neben vielem Detritus und einer Menge untergehender einzelner unipolarer Ganglienkörper, Nester der Ecker'schen Schläuche, neben ihnen auch normale Ganglienkörper, eingebettet in hellerer Substanz, Remak'sche Fasern und schmale Nervenröhren.

Wenn nun in anderem Lebensalter, namentlich bei Neugeborenen, jene Ecker'schen Schläuche mit ihren Kapseln und den von ihnen umschlossenen Ganglienkörpern in den Nebennieren vermisst, auch wenig Nerven angetroffen wurden, so musste dies nur auf temporäre, in Bezug auf ihre Succession näherer Nachforschung bedürftige Verhältnisse deuten[1]. Hatten sich doch beim Dorsch, bei dem im Winter die Nebennieren in der Regel Keimstätten sympathischer Ganglien sind, einzelne analoge Verschiedenheiten herausgestellt und hatten doch die Nebennieren anderer Fische, wie des Hechts, des Lachses, obgleich lange Zeit hindurch beobachtet, noch gar keine anderen Beziehungen zu den Nerven der Geschlechtstheile erkennen lassen, als dass sie in derjenigen Gegend der Nieren eingebettet sind, aus welcher jene Nerven hervorkommen.“ Pag. 8 u. f.

„Ich entdeckte, von den gelben, den Nieren angelagerten Körpern, die manche als Nebennieren bezeichnen, ausgehend,

---

[1] Bekanntlich hat schon ein deutscher Arzt, der Medicinalrath Bergmann in der Dissertation seines früh verstorbenen Sohnes Karl Bergmann, *De glandulis suprarenalibus*. Gött. 1837, auf Beziehungen der Nebennieren und lymphatischen Drüsen zum *Sympathicus* hingewiesen.

ohne Schwierigkeit, was ich erwartet hatte, die Neubildung von Ganglienkörpern in Klümpchen von veränderten Blutkörpern, die von einer Membran umhüllt wurden, in sogenannten blutkörperhaltigen Zellen. (Bei *Bufo vulgaris* und *Rana tempor.*)

Was aber meine Aufmerksamkeit alsbald sehr rege in Anspruch nahm, war das häufige Vorkommen solcher grösseren und kleineren, mit veränderten, aber durch ihre Färbung leicht unterscheidbaren Blutkörperchen angefüllten Schläuchen an sehr verschiedenen Stellen des Körpers. Ich traf sie an den zu den Geschlechtstheilen tretenden Peritoneal-Dupplicaturen, namentlich am Rande der Nieren, in der Umgebung anderer sympathischer Ganglien, in der Circumferenz der Venen der Eingeweidehöhle, im und am Herzen, später auch bei *Bufo* an der *Thyreoidea*. Stellenweise zeigten sie sich als längliche, cylindrische, schlauchförmige Hohlräume mit mehr oder minder intensiv blutroth gefärbten Körpern angefüllt, welche Körper in ihren Formen allerdings schon bedeutende Veränderungen erfahren hatten; stellenweise waren es von zarten Hüllen gebildete, unregelmässig gestaltete Blasen mit gleichem Inhalte. Diese Nester von Blutkörpern stehen nicht überall ganz ausser Verbindung mit wirklichen Blutgefässen; ich erkannte nämlich bald an mehreren Venen, namentlich den *Venae renales advehentes*, sowie auch an der der *Thyreoidea* der Kröten anliegenden Vene kurze blinde, bisweilen kugelrunde Ausstülpungen, gleichfalls mit veränderten Blutkörperchen gefüllt, und schloss daraus, dass viele jener isolirten Nester ursprünglich Gefässausstülpungen gewesen sein möchten, die durch Abschnürung erst selbständig geworden seien. Von der schon durch die erste Untersuchung bestätigten Voraussetzung ausgehend dass diesen Blutkörper haltigen Räumen bei den Batrachiern, so weit es die Ganglienkörper angeht, die nämliche Bedeutung zukommen müsse, wie bei andern Wirbelthieren, durchforschte ich die sympathischen Ganglien und Stämme, und fand in weiter Ausdehnung, statt frischer, grau aussehender Ganglienkörper, atrophirende, blasse, oft in feinkörnige, fettige, moleculare Masse sich umwandelnde Körper, zum Theil ohne Kern, mit verschrumpftem oder krystallinisch aussehendem Kernkörper. Auch die sympathischen Nervenfasern waren an vielen Stellen in Zerfall begriffen. So waren zwei Momente erkannt: das Untergehen von

Ganglienkörpern und Nervenfasern in weiter Ausdehnung und ihre Neubildung in blutkörperhaltigen Zellen."

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1. Zellnest aus dem *Sympathicus* von *Salamandra maculata*; durch einen Fortsatz der Hülle in zwei Abtheilungen getheilt, 2 Ocular/V Objectiv Hartnack.

„ 2. Unregelmässig gestaltetes Zellnest aus dem *Sympathicus* von *Rana esculenta*, 2/VIII H.

„ 3. Nest, nach beiden Seiten ausgezogen und seitlich an einem Stämmchen markhaltiger Fasern anliegend, ebendaher, 3/V H.

„ 4. Dasselbe von *Salamandra maculata*, 3/V H.

„ 5. Dasselbe zwischen markhaltige Nervenfasern eingebettet.

„ 6. Nervenfasern, Nester (Marksubstanz der Nebenniere) und Nervenzellen, aus dem *Sympathicus* von *Rana esculenta*, 3/VIII H.

„ 7. Von *Salamandra maculata*; bei *a* Rindensubstanz, bei *b* Marksubstanz, bei *d* Nervenfasern, bei *c* Nervenzellen.

„ 8. Von *Rana esculenta*. Nest mit Fortsatz, 3/VIII.

„ 9. Aus dem *Sympathicus* von *Rana esculenta*, 3/VIII.

„ 10. Ebendaher, 3/V.

„ 11. Nest mit Fortsätzen von *Bombinator igneus*, 3/VIII.

„ 12 u. 13. Von *Triton cristatus*. Kernnester und Marksubstanz der Nebenniere, echte Nervenzellen.

„ 14—22. Eigenthümliche, im *Sympathicus* vorkommende Formationen, die im Texte näher erörtert sind.

„ 15. Von *Triton cristatus*, Fig. 16 von *Salamandra maculata*.

„ 20. Von *Bufo variabilis*, die übrigen von *Rana esculenta* und *temporaria*, 3/VIII.

D[r] Sig

Fig. 15.

Fig. 16.

Fig. 18.

Fig. 17.

Fig. 21

Fig. 13

Fig. 14.

Über den Einfluss des Halsmarkes auf die Schlagzahl des Herzens.

Von Dr. **Philipp Knoll,**
Privatdocenten in Prag.

(Mit 2 Tafeln.)

(Aus dem physiologischen Institute in Prag.)

Bei meinen Untersuchungen über die Veränderungen des Herzschlages bei Steigerung des intracardialen Druckes hatte ich Gelegenheit mancherlei Beobachtungen über den Einfluss des Rückenmarkes auf den Herzschlag anzustellen. Aus diesen Beobachtungen ergab sich wohl auf der einen Seite eine Bestätigung der bei früheren Untersuchungen über diesen Gegenstand zu Tage geförderten Thatsachen, auf der andern Seite aber schienen dieselben wieder eine Modification der aus jenen Thatsachen gezogenen Schlüsse zu fordern. Letzterer Umstand veranlasste mich zu einer eingehenderen Untersuchung des Einflusses, den das Halsmark auf den Herzschlag nimmt.

Die bisherigen Angaben über den Einfluss des Halsmarkes auf den Herzschlag stimmen alle in dem Punkte überein, dass die Durchschneidung des Halsmarkes eine beträchtliche Verlangsamung des Herzschlages zur Folge hat.

Nicht dieselbe Übereinstimmung herrscht in Bezug auf den Effect einer Reizung des Halsmarkes.

Ludwig und Thiry[1] beobachteten nach Reizung des Halsmarkes bald Verlangsamung, bald wieder Beschleunigung des Herzschlages, wenn durch vorhergehende Abklemmung der

---

[1] Über den Einfluss des Halsmarkes auf den Blutstrom. Wiener Akademie-Berichte, mathemat.-naturw. Classe, 49. Band, II. Abtheilung.

grossen Arterien verhindert wurde, dass sich eine beträchtlichere Steigerung des Blutdruckes an diese Reizung knüpfte.

Bezold und Bever[1] beobachteten regelmässig eine beträchtliche Beschleunigung des Herzschlages bei Reizung des Halsmarkes, wenn durch vorhergehende Abtrennung des Halsmarkes vom Brustmarke das Auftreten einer stärkeren Blutdrucksteigerung bei der Halsmarkreizung verhindert wurde.

A. und E. Cyon[2] fanden, dass sich der Herzschlag bis zur Verdoppelung beschleunigt, wenn man das Halsmark elektrisch reizt, nachdem zur Verhütung stärkerer Steigerung des Blutdruckes die *Nn. splanchnici* vorher durchschnitten worden.

Alle die genannten Forscher hatten es sich deshalb besonders angelegen sein lassen, jede beträchtlichere Steigerung des Blutdruckes bei ihren Reizversuchen auszuschliessen, weil sie annahmen, dass die Schlagfolge eines vom Hirn und Rückenmark losgelösten Herzens durch Steigerung des intracardialen Druckes an und für sich eine bedeutende Abänderung erleide.

Wesentliche Differenzen bestehen in der Deutung, welche einerseits die nach der Halsmarkdurchschneidung beobachtete Pulsverlangsamung, anderseits die von Bezold und von den Gebrüdern Cyon beschriebene, regelmässig eintretende Pulsbeschleunigung bei Halsmarkreizung erfahren haben.

A. und E. Cyon finden den Grund der bei der Durchschneidung des Halsmarkes eintretenden Verlangsamung des Herzschlages in dem nach dieser Operation eintretenden Sinken des Blutdruckes. Bezold hingegen erblickt die Ursache dieser Erscheinung in der Durchschneidung von im Halsmarke verlaufenden motorischen Fasern, „welche dem automatischen Erregungsapparate im Herzen eine gewisse, von der Erregung dieser Nerven abhängige Reizungsquantität zuführen".[3] Dem entsprechend fasst er denn auch die bei Reizung des peripheren Theiles des

---

[1] Untersuchungen aus dem physiologischen Laboratorium in Würzburg, 2. Hft., p. 227 und ff.

[2] Archiv für Anatomie und Physiologie. 1867. p. 389 und ff.

[3] Untersuchungen über die Innervation des Herzens. Leipzig 1863. p. 309.

durchschnittenen Halsmarkes, sowie die bei Reizung des centralen Theiles des zwischen erstem und zweitem Brustwirbel durchschnittenen Rückenmarkes auftretende Pulsbeschleunigung einfach als Folge einer Erregung jener supponirten excitomotorischen Herznerven, oder, wie er sie später nennt, Beschleunigungsnerven des Herzschlages auf [1].

A. und E. Cyon neigen sich zu der Ansicht, dass die Function der im Halsmarke verlaufenden Herzfasern lediglich darin bestände, dass sie den in den Ganglien liegenden, motorischen Kräften des Herzens durch Paralysirung der durch die Vagi gegebenen Hemmung freien Spielraum schaffen [2].

Traube [3] fasst diese Herznerven dagegen lediglich als Gefässnerven auf, deren Erregung eine Verengerung der Herzgefässe, beziehungsweise eine Verminderung der Kohlensäurezufuhr zu dem im Herzen befindlichen Hemmungsapparate erzeugen, und hiedurch dessen Erregungszustand verringern, und eine Beschleunigung der Schlagfolge des Herzens bewirken soll.

Wie man aus diesen Mittheilungen über den gegenwärtigen Stand der uns beschäftigenden Frage ersieht, hatte eine Untersuchung über den Einfluss des Rückenmarkes auf die Schlagzahl des Herzens zwei Punkte besonders zu berücksichtigen, nämlich die Folgen der Durchschneidung und die Folgen der Reizung des Halsmarkes.

Als Versuchsthiere wurden durchwegs grosse Kaninchen benützt, die bis zum vollständigen Erlöschen der willkürlichen Bewegung curarisirt waren. Das Halsmark wurde immer auf einer längeren Strecke blossgelegt, und zwischen dem dritten und vierten oder vierten und fünften Wirbel möglichst sorgfältig durchschnit-

[1] Bezold und Bever: Von der Wirkung der spinalen Herznerven nach Ausschluss der Gefässnerven. Untersuchungen aus dem physiolog. Laboratorium in Würzburg, 2. Heft, p. 226 und ff.

[2] L. c. p. 408.

[3] Ein paar Bemerkungen zur Lehre vom excitomotorischen Herznervensystem. Berliner klinische Wochenschrift, 1866, Nr. 51.

ten. Die *Nn. vagi, depressores* und *sympathici* waren in der Regel vorher am Halse durchschnitten worden.

In Übereinstimmung mit allen bisherigen Angaben über diesen Gegenstand stellte sich auch bei meiner Untersuchung heraus, dass der Pulsschlag bei Versuchsthieren, deren Halsmark vorher durchschnitten worden, ein auffallend langsamer, der Blutdruck ein ganz abnorm niedriger ist.

In vierzehn Versuchen, bei denen das Halsmark zwischen dem dritten und vierten oder vierten und fünften Wirbel ganz rein und ohne grösseren Blutverlust durchschnitten worden war, schwankten die Pulszahlen zwischen 2 und 3·37 Schlägen in der Secunde. Wurden die *Nervi vagi* nicht schon bei den Voroperationen, sondern erst nach Abtrennung des Halsmarkes durchschnitten, so konnte hienach eine Änderung in der Pulszahl nicht beobachtet werden. Bei jenen Versuchsthieren, bei welchen nicht allein das Halsmark, sondern auch beide *Nervi splanchnici* durchschnitten worden, war keine grössere Pulsverlangsamung zu beobachten, als bei jenen Thieren, welchen lediglich das Halsmark durchtrennt worden war (Versuch XI und XII).

Bei neun Versuchsthieren, bei welchen die Durchschneidung glatt und ohne eine über die Schnittfläche sich hinauserstreckende Continuitätstrennung der Rückenmarksubstanz gelungen war, und der Blutdruck mittelst des Quecksilbermanometers bestimmt wurde, schwankten die Blutdruckzahlen zwischen 22 und 38 Mm. Quecksilber. Die Mittelzahl aus den nach der Rückenmarkdurchschneidung beobachteten Pulszahlen ist 2·76, die Mittelzahl aus den Blutdruckzahlen ist 28·7.

Gegenüber den bei meinen Versuchen über den Einfluss intracardialer Drucksteigerung auf den Herzschlag gefundenen Mittelzahlen bei erhaltenem Rückenmarke und durchschnittenen Vagis (4·5 Schläge in der Secunde und 146 Mm. Quecksilber) ergibt sich demnach als Folge der Halsmarkdurchschneidung im Allgemeinen ein Absinken des Herzschlages auf beiläufig $^{5}/_{8}$ und des Blutdruckes auf beiläufig $^{1}/_{5}$ des Mittelwerthes.

Die über der Mittelzahl liegenden Blutdruckzahlen waren in den einzelnen Versuchen auch mit relativ höheren Pulszahlen verknüpft.

Bei den Versuchen von Ludwig und Thiry stellten sich bei Kaninchen nach der Durchschneidung des Rückenmarkes über oder unter dem Atlas die Puls- und besonders die Blutdruckzahlen im Ganzen etwas höher heraus, als bei meinen Versuchen.

M. und E. Cyon dagegen beobachteten bei Kaninchen nach der Durchschneidung des Halsmarkes in der Gegend des Atlas im Ganzen noch wesentlich niedrigere Blutdruckzahlen als ich, während sich die Pulszahlen bei ihren und bei meinen Versuchen nach der Halsmarkdurchschneidung ziemlich gleichstellen. Nach Durchschneidung der *Nn. splanchnici* beobachteten die Gebrüder Cyon ein weiteres, meist recht beträchtliches Absinken der Puls- und Blutdruckzahlen.

Es ist mir am wahrscheinlichsten, dass diese Verhältnisse in den Cyon'schen Versuchen durch ein mit der Versuchsdauer zunehmendes Sinken der Energie der Herzbewegung bedingt waren.

Der Umstand, dass bei meinen Versuchen die über der Mittelzahl nach Halsmarkdurchschneidung liegenden Blutdruckzahlen mit relativ höheren Pulszahlen verknüpft waren, und dass in einem Falle (Versuch XIII), wo nach einer unreinen, mit ausgedehnterer, über die Schnittstelle hinaus sich erstreckender Zerreissung der Rückenmarksubstanz verbundenen Durchschneidung, die Blutdruckzahl relativ aussergewöhnlich hoch war, (52 Mm. Quecksilber), auch eine relativ sehr hohe Pulszahl (4·25 Schläge in der Secunde) zur Beobachtung kam, scheint von vornherein zu Gunsten der Ansicht der Gebrüder Cyon zu sprechen, dass die Erniedrigung der Pulszahlen nach der Rückenmarkdurchschneidung, von der gleichzeitigen Erniedrigung des Blutdruckes abhängig sei. Es lässt sich aber anderseits eine Reihe von Thatsachen anführen, aus denen hervorgeht, dass eine, wenn auch noch so beträchtliche Erniedrigung des Blutdruckes, nicht nothwendig mit einer Abnahme der Frequenz des Herzschlages verbunden sein muss.

In erster Reihe ist hier hervorzuheben, dass bei Reizung des centralen Endes des *Nervus depressor* nach Durchschneidung der *Nervi vagi* jede Verlangsamung des Herzschlages ausbleibt, trotzdem es zu einer sehr beträchtlichen, durch Verminderung des Tonus der Vasomotoren bedingten Erniedrigung

die allein es sich vorläufig

iedrigen Zahlen für den Herz-
ien Versuchsthieren mit durch-
eine unmittelbare Folge der
ergibt sich aus jenen Versuchen,
tdruck schon vor der Halsmark-
den waren.
IV und XV der Herzschlag nach
von 3·31 und 4·13 auf 2 und 2·25,
d 128 auf 22 und 24.
peripheren Stumpfes des durch-
h in Übereinstimmung mit den An-
len Gebrüdern Cyon bei allen jenen
Halsmarkdurchschneidung zwischen
. Wirbel rein, ohne grössere Blutung
ittstelle hinausgehende Continuitäts-
ubstanz, ausgeführt worden war, eine
ng des durch die Durchschneidung
zschlages. Controlversuche, mit gleich
luctionsströmen an den neben dem er-
genden Gebilden vorgenommen, sicher-
dass man es mit dem Effecte von durch
schleifen zu thun haben könnte. Die Rei-
ne längere Strecke lospräparirten und aus
rgehobenen peripheren Halsmarkstumpfe
i gewöhnlich mit ganz schwachen Strö-
hrfacher Wiederholung der Reizversuche
e fortschreitend verstärken, um deutliche
n. Reizung bei den verschiedensten Strom-
ssig eine, nach den jeweiligen Versuchs-
nde, Erhöhung des Blutdruckes zur Folge.
steigerungen waren bei den ersten Reiz-
Anwendung kräftigerer Ströme zu beob-

rde eine Steigerung von 102 Mm. Queck-
ückenmark bei comprimirter Bauchaorta
eistens sehr gering, doch

des Blutdruckes kömmt [1]. Zweitens ist hier anzuführen, dass die nach Durchschneidung der *Nn. splanchnici* eintretende Erniedrigung des Blutdruckes, wie Bezold und Asp berichten, und wie ich aus eigener Beobachtung bestätigen kann, in der Regel nicht mit einem Sinken der Frequenz des Herzschlages verknüpft ist.

Wenn die Gebrüder Cyon eine weitere Abnahme der Frequenz des Herzschlages beobachteten, als sie auf die Halsmarkdurchschneidung die *Splanchnicus*-Durchschneidung folgen liessen, so mag dies, wie ich schon früher hervorhob, darin begründet gewesen sein, dass mit der Verlängerung des Experimentes die Herzaction ihrer Versuchsthiere schon an und für sich wesentliche Abänderungen erfuhr.

Gegen die Abhängigkeit der Pulsverlangsamung von der Blutdruckerniedrigung lässt sich ferner anführen, dass bei der nach Lüftung der comprimirten Bauchaorta bei unverletztem Rückenmarke eintretenden, manchmal sehr beträchtlichen Blutdruckerniedrigung ebenso wenig eine Pulsverlangsamung zu beobachten ist, wie bei jener Erniedrigung des Blutdruckes, die kurz nach Eröffnung der Bauchhöhle auftritt.

Endlich lässt sich in dieser Beziehung noch darauf hinweisen, dass nach Brunton [2] auf die Einblasung von salpetrigsaurem Amyloxyd bei Kaninchen der Blutdruck sehr bedeutend sinkt, ohne dass sich die Pulsfrequenz wesentlich änderte.

Es lässt sich darum aus einer gewissen Übereinstimmung, welche sich aus meinen Versuchen für die Blutdruck- und die Pulszahl nach der Halsmarkdurchschneidung ergibt, zunächst auch nichts anderes erschliessen, als dass die Halsmarkdurchschneidung in ganz gleichmässiger Weise auf den Blutdruck wie auf den Herzschlag einwirkt.

Ein Schluss auf die Bedingungen der Verlangsamung des Herzschlages nach Halsmarkdurchschneidung kann aus einfachen

---

[1] E. Cyon und C. Ludwig. Die Reflexe eines der sensiblen Nerven des Herzens auf die motorischen der Blutgefässe. Berichte der sächsischen Gesellschaft d. W., 1866, Mai.

[2] Über die Wirkung des salpetrigsauren Amyloxyds auf den Blutstrom. Arbeiten aus der physiologischen Anstalt zu Leipzig, 1869.

Durchschneidungsversuchen, um die allein es sich vorläufig handelt, nicht gezogen werden.

Dass übrigens die abnorm niedrigen Zahlen für den Herzschlag und den Blutdruck bei den Versuchsthieren mit durchschnittenem Halsmarke wirklich eine unmittelbare Folge der Halsmarkdurchschneidung sind, ergibt sich aus jenen Versuchen, bei welchen Herzschlag und Blutdruck schon vor der Halsmarkdurchscheidung verzeichnet worden waren.

So fiel in den Versuchen XIV und XV der Herzschlag nach der Halsmarkdurchschneidung von 3·31 und 4·13 auf 2 und 2·25, und der Blutdruck von 124 und 128 auf 22 und 24.

Elektrische Reizung des peripheren Stumpfes des durchschnittenen Halsmarkes ergab in Übereinstimmung mit den Angaben von Bezold und von den Gebrüdern Cyon bei allen jenen Versuchsthieren, bei denen die Halsmarkdurchschneidung zwischen dem 3. und 4. oder 4. und 5. Wirbel rein, ohne grössere Blutung und ohne eine über die Schnittstelle hinausgehende Continuitätstrennung der Rückenmarksubstanz, ausgeführt worden war, eine beträchtliche Beschleunigung des durch die Durchschneidung vorher verlangsamten Herzschlages. Controlversuche, mit gleich starken oder stärkeren Inductionsströmen an den neben dem eröffneten Wirbelcanale liegenden Gebilden vorgenommen, sicherten vor dem Verdachte, dass man es mit dem Effecte von durch das Herz gehenden Stromschleifen zu thun haben könnte. Die Reizung wurde an dem auf eine längere Strecke lospräparirten und aus dem Wirbelcanale emporgehobenen peripheren Halsmarkstumpfe vorgenommen, und dabei gewöhnlich mit ganz schwachen Strömen begonnen. Bei mehrfacher Wiederholung der Reizversuche musste man die Ströme fortschreitend verstärken, um deutliche Reizeffecte zu erlangen. Reizung bei den verschiedensten Stromstärken hatte regelmässig eine, nach den jeweiligen Versuchsbedingungen wechselnde, Erhöhung des Blutdruckes zur Folge. Die stärksten Drucksteigerungen waren bei den ersten Reizversuchen und bei Anwendung kräftigerer Ströme zu beobachten.

Als Maximum wurde eine Steigerung von 102 Mm. Quecksilber notirt. Wurde das Rückenmark bei comprimirter Bauchaorta gereizt, so war die Drucksteigerung meistens sehr gering, doch

konnte auch hiebei noch einmal eine Erhöhung des Blutdruckes um 44 Mm. beobachtet werden.

Waren vor der Rückenmarkreizung die *Nn. splanchnici* von der Bauchhöhle aus unmittelbar unter ihrer Durchtrittsstelle am Diaphragma durchschnitten, so konnten ebenfalls nur mässige Druckerhöhungen bei der Halsmarkreizung erzielt werden. Doch wurde auch hier einmal eine Steigerung von 38 Mm. notirt.

Die Gebrüder Cyon beobachteten bei ihren Versuchen nach Durchschneidung der *Nn. splanchnici* bei Reizung des Halsmarkes, auch bei längerer Reizdauer Blutdrucksteigerungen von höchstens 2—5 Mm.

Nachdem dieselben aber auch durch Compression der Bauchaorta, oberhalb der *Arteria coeliaca*, nach Durchschneidung des Halsmarkes nur eine Steigerung von höchstens 25, und eine absolute Höhe von höchstens 35 Mm. zu erzielen vermochten, während ich durch denselben Eingriff Drucksteigerungen bis zu 134 Mm. und absolute Höhen bis zu 152 Mm. erhielt, und auch bei Ludwig und Thiry den meinen ähnliche Zahlen notirt finde, kann ich in diesen Verhältnissen in den Cyon'schen Versuchen nur eine neue Verstärkung meiner Vermuthung erblicken, dass die Energie der Herzaction der Thiere bei diesen Versuchen bereits sehr gesunken war.

Ich brauche wohl kaum zu erwähnen, dass die Durchschneidung der *Nn. splanchnici* meinerseits bei den betreffenden Versuchen durch die Section festgestellt wurde. Übrigens haben auch Bezold und Bever[1] bei Rückenmarkreizung nach der *Splanchnicus*- Durchschneidung bei Kaninchen Blutdrucksteigerungen bis zu 20 Mm. beobachtet.

Der Umstand, dass sowohl bei möglichst sorgfältiger Verschliessung der Bauchaorta, als auch nach Durchschneidung beider *Splanchnici* noch eine Drucksteigerung von 44, beziehungsweise 38 Mm. eintreten konnte, lässt eine mehrfache Deutung zu. Man kann diese Erscheinung entweder damit erklären, dass die

---

[1] Untersuchungen aus dem physiolog. Laboratorium in Würzburg, 2. Heft, p. 321.

Füllung der Gefässe der oberen Körperhälfte beim Kaninchen von grösserem Einflusse auf die Druckverhältnisse im Circulationssysteme ist, als gewöhnlich angenommen wird, oder man kann die stärkeren Drucksteigerungen durch Rückenmarkreizung bei comprimirter Aorta auf einen bei aller Sorgfalt nicht ganz vollständigen Verschluss der Aorta, und die grösseren Drucksteigerungen bei durchschnittenen *Splanchnicis* darauf zurückführen, dass nicht alle Vasomotoren der Unterleibsgefässe in den *Splanchnicis* vereinigt waren. Für die Aorten-Compression kann endlich auch noch die leichtere oder schwerere Herstellung eines Collateral-Kreislaufes mit ins Spiel kommen.

In der Regel beginnt das Wiederabsinken des Blutdruckes kurz nach Beendigung der Halsmarkreizung und erfolgt von da ab stetig aber ganz allmälig.

Gleich nach Beginn der Reizung war in der Regel eine, von da ab allmälig anwachsende Beschleunigung des Herzschlages zu beobachten, die 0·25 bis 1·25 Schläge für die Secunde betrug (Taf. I, Curve 1, 2, 3). Bei Wiederholung der Reizung bei derselben Stromstärke war die Beschleunigung meistens wesentlich geringer als bei der vorhergehenden Reizung. Manchmal kam es bei Wiederholung der Reizung bei derselben Stromstärke überhaupt zu keiner Beschleunigung des Herzschlages mehr, sondern nur zu einer Steigerung des Blutdruckes. Nach längerer Versuchsdauer fiel die Beschleunigung überhaupt gewöhnlich, auch bei bedeutender Verstärkung des angewendeten Reizes, wesentlich geringer aus, als bei Versuchsbeginn.

Das Anwachsen der Beschleunigung erreichte bei längerer Reizung in der Regel einige Zeit vor Abschluss der Reizung, und bevor die gleichzeitige Blutdrucksteigerung den Gipfelpunkt erreicht hatte, sein Ende. Bei kurz dauernder aber kräftiger Reizung konnte manchmal noch längere Zeit nach Beendigung der Reizung eine Zunahme der Beschleunigung constatirt werden (Taf. I, Curve II).

Die Abnahme der Beschleunigung erfolgte nur ganz allmälig, und meistens war noch lange nachdem die Reizung beendet und der Blutdruck wieder beträchtlich abgesunken war, eine beschleunigende Nachwirkung des Reizes zu bemerken — ein

Umstand, der bei Beurtheilung des Effectes wiederholter Reizung wohl zu beachten ist.

Trotz des oft recht beträchtlichen Zuwachses, den die Pulszahlen während der Beschleunigung erfuhren, erreichte der Herzschlag dennoch auch in diesem Zeitraume die Mittelzahl bei durchschnittenen *Vagis* und intactem Rückenmarke meistens nicht.

Ein Überschreiten dieser Mittelzahl wurde nie beobachtet.

Die verzeichneten Pulswellen waren bei beträchtlicherer Beschleunigung des Herzschlages in Folge der Halsmarkreizung immer etwas niedriger, als vor der Rückenmarkreizung. War die Beschleunigung gering, oder fehlte sie vollständig und trat nur eine Blutdrucksteigerung in Folge der Rückenmarkreizung auf, so war niemals eine Erniedrigung, in vielen Fällen dagegen eine Erhöhung der Pulswellen bemerkbar.

Dass die Beschleunigung des Herzschlages bei der Halsmarkreizung unabhängig ist von der gleichzeitig eintretenden Steigerung des intracardialen Druckes, ergibt sich schon von vorneherein aus dem Umstande, dass, wie ich in meiner Abhandlung „über die Veränderungen des Herzschlages bei reflectorischer Erregung des vasomotorischen Nervensystemes etc." gezeigt habe, Steigerung des intracardialen Druckes, bei durchschnittenen *Vagis* und durchschnittenem Halsmarke, abgesehen von zeitweise auftretenden Unregelmässigkeiten, keinerlei Veränderungen des Herzschlages erzeugt. Es ergaben übrigens die Reizungsversuche selbst eine Anzahl von Thatsachen, welche gegen eine supponirte Abhängigkeit der Beschleunigung des Herzschlages von der Steigerung des intracardialen Druckes bei der Halsmarkreizung sprechen.

Einmal war in vielen Fällen die Beschleunigung des Herzschlages unmittelbar nach Beginn der Reizung, zu einer Zeit wo der Blutdruck kaum um 1—2 Mm. angestiegen war, schon unverkennbar. Dann erwies sich die Höhe der Drucksteigerung als ganz ohne Einfluss auf die Grösse der Beschleunigung. Die Beschleunigung war bei den Thieren mit durchschnittenen *Splanchnicis* ebenso gross wie bei den Thieren mit undurchschnittenen *Splanchnicis*.

Wurde das Rückenmark bei comprimirter Aorta gereizt, und hiedurch der Blutdruck, welcher in Folge der Aorten-Compression sehr stark angestiegen war ohne eine Beschleunigung des Herzschlages herbeizuführen, nur noch um ein ganz Geringes erhöht, so trat oft eine ganz beträchtliche Beschleunigung ein (Versuch VIII und X).

Ferner waren manchmal ganz geringe Drucksteigerungen bei Rückenmarkreizung mit ebenso grosser, oder noch grösserer Beschleunigung verknüpft, wie unmittelbar vorher durch die Rückenmarkreizung erzeugte beträchtlich grössere Drucksteigerungen (Versuch IX und X).

Weiter wurden in einem Falle, wo das Rückenmark bei der Durchschneidung über die Schnittstelle hinaus zerrissen worden, und eine Verlangsamung des Herzschlages nach dieser Operation nicht zu beobachten war, bei Rückenmarkreizung wohl ganz beträchtliche Blutdrucksteigerungen, aber keinerlei Beschleunigung des Herzschlages erzielt (Versuch XIII).

Endlich konnte man manchmal eine sehr beträchtliche Beschleunigung des Herzschlages ohne jede Spur von Blutdrucksteigerung herbeiführen, wenn das Rückenmark gereizt wurde, nachdem durch Erzeugung von Dyspnoë die erhaltenen *Vagi* kräftig erregt und der Herzschlag hiedurch sehr stark verlangsamt worden war (Versuch XI, Taf. II, Curve II).

So lässt sich denn das Ergebniss des bisher mitgetheilten Theiles meiner Untersuchung dahin zusammenfassen, dass ich in Übereinstimmung mit Bezold und mit den Gebrüdern Cyon gefunden, dass nach der Halsmarkdurchschneidung eine bedeutende Verlangsamung, bei Reizung des peripheren Theiles des durchschnittenen Halsmarkes jedoch regelmässig eine bedeutende Beschleunigung des verlangsamten Herzschlages eintritt. Aber sowohl die Verlangsamung als die Beschleunigung sind unabhängig von den gleichzeitigen Veränderungen des Blutdruckes.

Die Thatsache, dass man durch Reizung des peripheren Stumpfes des durchschnittenen Halsmarkes eine Beschleunigung des Herzschlages erzielen kann, fand, wie ich oben bereits angeführt habe, eine zweifache Deutung. Bezold sah hierin die Wirkung einer Reizung von spinalen Herznerven, welche das Gangliensystem des Herzens in einen Zustand höherer Erregung

versetzen, die Gebrüder Cyon und Traube hingegen erblicken hierin nur die Folge einer Verminderung der Widerstände, welche den in den Ganglien des Herzens gegebenen bewegenden Kräften sich entgegenstellen. Erstere scheinen dabei an eine directe Verknüpfung der spinalen Fasern mit den Ganglien des Herzens gedacht zu haben, während Traube dieselben für Gefässnerven hält, deren Erregung durch Contraction der Herzgefässe den Erregungszustand der Hemmungsapparate des Herzens herabsetzt. Nach der einen Ansicht werden also durch die Erregung des Halsmarkes die bewegenden Kräfte des Herzens vermehrt, nach der andern aber nur die Widerstände für die Herzbewegung vermindert.

Es erhebt sich nun die Frage: Lassen sich aus den Erfolgen der Halsmarksreizung Gründe für oder wider die eine dieser beiden Ansichten schöpfen?

Gegen die Annahme, dass im Halsmarke motorische Fasern verlaufen, deren Erregung die bewegenden Kräfte des Herzens vermehrt, also direct eine Beschleunigung des Herzschlages herbeiführt, lassen sich folgende Umstände geltend machen:

1. Es ist auch durch die stärkste elektrische Erregung des durchschnittenen Halsmarkes nicht möglich den Herzschlag so zu beschleunigen, dass die Schlagzahl des Herzens die bei durchschnittenen *Vagis* und unverletztem Rückenmarke gewöhnlich zu beobachtende Grösse überschritte. In keinem meiner in dieser Richtung angestellten Versuche erreichte die Schlagfolge des Herzens eine Grösse, welche die von mir beobachtete Mittelzahl bei durchschnittenen *Vagis* und intactem Rückenmarke überschritten hätte. Auch die Pulszahlen welche Ludwig und Thiry, Bezold und Bever, M. und E. Cyon bei der Halsmarkreizung gefunden haben, bewegen sich innerhalb der bei durchschnittenen *Vagis* und intactem Rückenmarke gewöhnlich zu beobachtenden Werthe.

2. Wenn ausnahmsweise, wie in dem Versuche XIII, in welchem das Rückenmark bei der Durchschneidung stärker zerrissen wurde, nach der Abtrennung des Halsmarkes von der *Medulla oblongata* keine Verlangsamung des Herzschlages auftritt, so kann auch durch die stärkste elektrische Erregung des Rückenmarkes keine Beschleunigung des Herzschlages mehr hervorge-

rufen werden, obwohl die bei dieser Erregung eintretenden beträchtlichen Steigerungen des Blutdruckes beweisen, dass das Rückenmark seine Erregbarkeit nicht verloren hat.

3. Wird bei einem curarisirten Kaninchen, dessen *Vagi Sympathici* und *Depressores* am Halse durchschnitten worden, das Rückenmark auf der Strecke vom 3. bis zum 5. Halswirbel blossgelegt, und hierauf innerhalb seiner Hüllen in der Gegend des dritten Halswirbels elektrisch gereizt, so ist auch bei Anwendung sehr starker Ströme keine Beschleunigung des Herzschlages zu erzielen. Jede Reizung führt zu einer sehr deutlichen, bis 44 Mm. Quecksilber betragenden Steigerung des Blutdruckes, der Herzschlag aber, der vor der Reizung die Mittelzahl bei durchschnittenen *Vagis* und intactem Rückenmarke nicht überschritt, also nicht etwa eine aussergewöhnlich hohe Frequenz hatte, erleidet keinerlei Änderung (Versuch XIV und XV).

Wird später bei jenen Versuchsthieren das Rückenmark in der Gegend des 3. bis 4. Halswirbels durchschnitten, so sinken Blutdruck und Herzschlag sehr beträchtlich ab. Selbst die kräftigste elektrische Reizung des peripheren, auf eine kleine Strecke hin allseits losgelösten und aus dem Wirbelcanale etwas herausgehobenen Rückenmarksstumpfes, bringt den Herzschlag nur annähernd wieder auf die vor der Durchschneidung beobachtete Höhe zurück. Niemals konnte bei Reizung des durchschnittenen Halsmarkes eine grössere Frequenz des Herzschlages erzielt werden, als jene war, welche vor der Durchschneidung zur Beobachtung gelangt war (Versuch XIV und XV)[1].

Aus dem was ich soeben angeführt habe, ergibt sich: dass bei der Halsmarkreizung nur der durch einen vor-

---

[1] Bezold führt in seinen Untersuchungen „über die Innervation des Herzens" von den meinen abweichende Beobachtungen über das Verhalten der Schlagzahl des Herzens bei elektrischer Reizung des undurchschnittenen Halsmarkes an. Er fand nämlich hiebei eine nicht unbeträchtliche Beschleunigung des Herzschlages. Die Versuchsanordnung bei Bezold — er stach lange Nadelelektroden durch die Nackenmusculatur hindurch in das Halsmark ein — gestattet es jedoch durchaus nicht, die bei derartiger elektrischer Reizung auftretende Pulsbeschleunigung mit Sicherheit auf eine Reizung des Halsmarkes zu beziehen.

hergehenden Eingriff verlangsamte Herzschlag eine Beschleunigung erfährt, und dass auch die intensivste Reizung des Halsmarkes nur die verlangsamende Wirkung des vorhergehenden Eingriffes annähernd auszugleichen, nicht aber eine absolute Vermehrung der Schlagzahl des Herzens herbeizuführen vermag.

Wollte man die in dem Halsmarke verlaufenden Fasern, welche von Einfluss auf den Herzschlag sind, mit Bezold als motorische Fasern betrachten, welche die in den Ganglien des Herzens liegenden bewegenden Kräfte vermehren, so müsste man nach Obigem annehmen, dass diese Fasern bei intactem Rückenmarke, also in ihrem natürlichen Erregungszustande, sich auf dem Maximum ihrer Erregbarkeit befinden, eine Annahme, welche so ganz und gar im Widerspruch steht mit allen unseren Erfahrungen über den natürlichen Erregungszustand motorischer Fasern, dass man ihr wohl nicht beipflichten kann, so lange ihr nicht durch vollgiltige Beweise der hypothetische Charakter ganz abgestreift ist.

Demnach wird man aber auch von einem spinalen excitomotorischen Herznervensysteme im Sinne Bezold's vorläufig ganz absehen müssen.

Dagegen lässt sich mancherlei zu Gunsten der anderen Ansicht anführen: dass durch die Erregung jener Halsmarkfasern Widerstände beseitigt werden, welche hemmend in die Thätigkeit der motorischen Ganglien eingreifen.

Vor allem gehört hierher die Thatsache, dass die Reizung des intacten Halsmarkes, bei welcher an und für sich keine Beschleunigung des Herzschlages zu beobachten ist, eine sehr deutliche Beschleunigung erzeugt, wenn durch elektrische Erregung der *Vagi* vorher eine namhaftere Verlangsamung des Herzschlages herbeigeführt wurde (Versuch XV).

Weiter lässt sich in dieser Richtung geltend machen, dass bis zu einer gewissen Grenze der beschleunigende Effect einer Erregung des Halsmarkes ein desto grösserer ist, je stärker der Herzschlag vorher verlangsamt wurde.

Wird bei einem curarisirten Kaninchen mit durchschnittenem Halsmarke und intacten *Vagis* durch Aussetzen der Ventilation

Dyspnoë und hiedurch eine beträchtliche Pulsverlangsamung erzeugt, so kann durch Reizung des peripheren Halsmarkstumpfes mit mässig starken Strömen der Herzschlag verdoppelt werden, (Taf. II, Curve II und III), während bei Reizung des durchschnittenen Halsmarkes ohne künstliche Erregung der *Vagi* die Beschleunigung sowohl dem absoluten als dem relativen Werthe nach geringer ausfällt.

Eine relativ sehr starke Beschleunigung kann ferner durch die Halsmarkreizung auch bei Verlangsamung des Herzschlages durch elektrische Erregung der *Vagi* erzielt werden (Versuch XIV, Taf. II, Curve I).

Die rasche Ermüdung der *Vagi* bei elektrischer Erregung und die lange Nachwirkung der Halsmarkreizung machen es nothwendig, letztere nur durch ganz kurze Zeit einwirken zu lassen, um durch die Wiederkehr der Vaguspulse nach der Halsmarkreizung eine Garantie dafür zu erlangen, dass die eingetretene Beschleunigung nicht etwa lediglich durch Ermüdung der gereizten *Vagi* bedingt sei.

Bei sehr intensiver Verlangsamung des Herzschlages durch Reizung der *Vagi* vermag man aber durch Halsmarkreizung auch bei Anwendung der stärksten Ströme nicht mehr eine Beschleunigung des Herzschlages zu erzeugen — die Hemmung der motorischen Kräfte des Herzens ist zu gross geworden, um auf diesem Wege beseitigt werden zu können.

Wenn wir aber sehen, dass der gewöhnliche schnelle Herzschlag der Versuchsthiere, wie er nach Vagusdurchschneidung zur Beobachtung kömmt, bei der Halsmarkreizung keinerlei Änderung erfährt, dass aber alsbald eine Beschleunigung des Herzschlages eintritt, wenn der Herzschlag vorher durch irgend einen Eingriff verlangsamt wurde; wenn wir ferner sehen, dass anderseits durch diese Beschleunigung im besten Falle nur die vorhergehende Verlangsamung wieder beseitigt wird, dass die Beschleunigung bis zu einer gewissen Grenze desto grösser ist, je stärker die vorher herbeigeführte Verlangsamung war, dass aber bei einer sehr intensiven Verlangsamung des Herzschlages diese durch die Rückenmarkreizung nicht mehr vermindert werden kann — so werden wir uns wohl im Wesentlichen der von den Brüdern Cyon ausgesprochenen Ansicht anschliessen müssen,

dass durch die Erregung des Halsmarkes die motorischen Kräfte des Herzens nicht vermehrt, sondern nur eine eingetretene Hemmung dieser beseitigt werden kann.

Ein Umstand aber nöthigt uns, dieser Ansicht eine etwas erweiterte Fassung zu geben, der Umstand nämlich, dass kein Beweis dafür vorliegt, dass die Verlangsamung des Herzschlages bei der Rückenmarkdurchschneidung durch eine Erregung der Hemmungsapparate des Herzens, also durch das, was man gewöhnlich unter einer Hemmung der motorischen Kräfte des Herzens versteht, herbeigeführt wird.

Anknüpfend an die Hypothese Traube's, dass vermehrte Kohlensäurezufuhr zum Herzen die Hemmungsapparate im Herzen selbst erregt, dachte ich an die Möglichkeit, dass die auf die Halsmarkdurchschneidung folgende Erweiterung der Herzgefässe auf diesem Wege eine Erregung der Hemmungsnerven im Herzen und hiedurch eine beträchtliche Verlangsamung des Herzschlages erzeugen könnte. Ein Versuch an einem mit Atropin vergifteten Thiere ergab jedoch die Unhaltbarkeit dieser Vermuthung. Die Halsmarkdurchschneidung hatte bei dem atropinisirten Thiere eine sehr beträchtliche Pulsverlangsamung zur Folge, trotzdem beide *Vagi* vor und nach der Halsmarkdurchschneidung auch bei starker elektrischer Reizung keinen Einfluss mehr auf den Herzschlag äusserten, die Hemmungsapparate des Herzens also, den bekannten Untersuchungen Schmiedeberg's zufolge ihre Erregbarkeit vollständig eingebüsst hatten.

Da es hienach nicht allein unbewiesen, sondern sogar sehr unwahrscheinlich ist, dass die Verlangsamung des Herzschlages nach der Rückenmarkdurchschneidung von einer Hemmung der Herzthätigkeit in dem gewöhnlichen Sinne dieser Bezeichnung herrührt, so muss ich meine aus dem früher besprochenen sich ergebende Ansicht über den Einfluss des Halsmarkes auf den Herzschlag folgendermassen präcisiren: Die Durchschneidung des Halsmarkes hat eine Verlangsamung des Herzschlages zur Folge. Erregung des Halsmarkes vermag nicht die Schlagzahl des Herzens absolut zu vermehren, wohl aber vermag sie innerhalb gewisser Grenzen den verlangsamenden Einfluss zu beseitigen oder zu vermindern, den die Reizung

der Hemmungsnerven des Herzens, sowie die Durchschneidung des Halsmarkes auf den Herzschlag ausübt.

Über die Wege, auf welchen diese Verlangsamung einerseits und die Beschleunigung des verlangsamten Herzschlages anderseits zu Stande kömmt, fehlt uns gegenwärtig noch jede genauere Kenntniss.

Nicht ganz unwahrscheinlich erscheint es mir, dass die nach der Rückenmarkdurchschneidung auftretende Verlangsamung, sowie die bei Reizung des peripheren Halsmarkstumpfes auftretende Beschleunigung des verlangsamten Herzschlages in irgend einem Zusammenhang stehen mit dem jeweiligen Contractionszustande der Gefässe des Herzens. Es ist diese Meinung bei mir hervorgerufen durch die Art und Weise des Eintrittes der Verlangsamung einerseits, und der Beschleunigung anderseits.

Lässt man während der Halsmarkdurchschneidung den Herzschlag auf dem Kymographion verzeichnen, so sieht man, dass der Herzschlag nicht etwa rasch nach der Durchschneidung tief absinkt. Allmälig, im Zeitraume von mehreren Minuten, nimmt der Herzschlag an Frequenz ab, in demselben Grade in welchem die der Halsmarkdurchschneidung folgende Erweiterung der Gefässe, und die hiedurch bedingte Blutdruckerniedrigung sich ausbildet.

Und auch die bei Reizung des peripheren Halsmarkstumpfes eintretende Beschleunigung des verlangsamten Herzschlages erreicht, ebenso wie die Contraction der Gefässe und die hiemit zusammenhängende Blutdrucksteigerung, nur ganz allmälig und manchmal erst längere Zeit nach Beendigung der Reizung ihr Maximum, und verschwindet erst nach längerem Bestande wieder in allmäliger Abnahme.

Träge wie die Veränderungen in dem Contractionszustande der Blutgefässe entwickeln sich und verschwinden bei jenen Eingriffen auch die Veränderungen in der Schlagfolge des Herzens.

Welcher Art aber nun dieser Zusammenhang zwischen der Erweiterung oder Verengerung der Kranzgefässe des Herzens und der Verlangsamung oder Beschleunigung des Herzschlages sein könnte, ob es sich um Veränderungen in der Ernährung der Herzganglien oder des Herzmuskels, oder um Veränderungen in

dem Wärmezustande des Herzens handeln dürfte, welche bekanntlich von grossem Einflusse auf die Schlagfolge des Herzens sind, oder ob irgend welche anderweitige Umstände dabei ins Spiel kommen, — darüber kann ich vorläufig nicht einmal eine Vermuthung aussprechen.

Ich muss es schliesslich auch noch nachdrücklich hervorheben, dass ich die Ansicht, es bestehe zwischen dem, durch die Durchschneidung des Halsmarkes herbeigeführten Contractionszustande der Herzgefässe und der Pulsverlangsamung einerseits, und zwischen dem entgegengesetzten Contractionszustande der Herzgefässe und der Pulsbeschleunigung bei Reizung des peripheren Halsmarkstumpfes anderseits, ein Zusammenhang, lediglich als eine an die Thatsachen anknüpfende Vermuthung betrachtet wissen will, welche vorläufig dazu dienen mag, eine Vorstellung in uns zu erregen, über die Wege, auf denen jene Veränderungen der Schlagfolge des Herzens entstehen könnten.

Die von anderer Seite her ventilirte Frage nach den peripheren Nervenbahnen, auf welchen das Halsmark seinen Einfluss auf den Herzschlag zur Geltung bringt, habe ich absichtlich nicht in den Bereich meiner Erörterungen gezogen, da ich mir nur die eine Aufgabe gestellt habe, zu ermitteln, ob das Halsmark einen Einfluss auf den Herzschlag ausübt, und welcher Art dieser Einfluss ist.

Zu der nachstehenden Tabelle ist Folgendes zu bemerken:

Wo nicht ausdrücklich das Gegentheil angeführt ist, handelt es sich um curarisirte, künstlich ventilirte Thiere. Die Pulszahlen geben die Schlagzahl des Herzens während einer Secunde an. Durch vorhergehende Eingriffe bedingte positive Zuwüchse der Pulszahlen sind, auf die Secunde berechnet, mit dem Pluszeichen versehen, in der Rubrik „Veränderungen des Herzschlages" angeführt. Die Blutdruckzahlen bedeuten Mm. Quecksilber.

Tabelle.

Versuchs-Zahl	Versuchs-Thier	Vor-Operationen	Pulszahl bei Versuchs-Beginn	Blutdruck b. Versuchs-Beginn	Eingriffe	Veränderungen des Herzschlages	Veränderungen des Blutdruckes	Besondere Bemerkungen
I	Grosses Kaninchen.	*Vagus, sympathicus, depressor* beiderseits am Halse durchschnitten. Halsmark zwischen 4. und 5. Wirbel durchschnitten.	3	—	—	—	—	Bei Anwendung des Federmanometers.
II	Grosses Kaninchen	*Vagus, sympathicus, depressor* beiderseits am Halse durchschnitten. Halsmark zwischen 4. und 5. Wirbel durchschnitten.	2·5	—	—	—	—	Federmanometer.
[illegible]	[illegible]osses Kaninchen	Halsmark zwischen 4. und 5. Wirbel durchschnitten.	2·25	—	—	—	—	Federmanometer.
IV	Grosses Kaninchen	Halsmark zwischen 4. und 5. Wirbel durchschnitten.	2·75	—	—	—	—	Federmanometer.
V	Grosses Kaninchen	Halsmark zwischen 4. und 5. Wirbel durchschnitten.	3	—	—	—	—	Federmanometer.

Versuchs-Zahl	Versuchs-Thier	Vor-Operationen	Pulszahl bei Versuchs-Beginn	Blutdruck b. Versuchs-Beginn	Eingriffe	Veränderungen des Herzschlages	Veränderungen des Blutdruckes	Besondere Bemerkungen
VI	Grosses Kaninchen	*Vagus, sympathicus, depressor* am Halse durchschnitten. Halsmark zwischen 4. und 5. Wirbel durchschnitten. Kein Curara.	2·5	22	—	—	—	—
VII	Grosses Kaninchen	*Vagus, sympathicus, depressor* am Halse durchschnitten. Halsmark zwischen 4. und 5. Wirbel durchschnitten. Kein Curara.	3·25	28	—	—	—	—
VIII	Grosses Kaninchen	*Vagus, sympathicus, depressor* am Halse durchschnitten. Halsmark zwischen 4. und 5. Wirbel durchschnitten.	3·37	32	Bauchaorta oberhalb der *A. coeliaca* mit Pincette comprimirt.	—	von 24 auf 136	
					Halsmark bei comprim. Aorta mit mässig starkem elektr. Strome gereizt.	+0·5	von 136 auf 162	D. Herzschlag bleibt von jetzt ab dauernd etwas beschleunigt.
					Halsmark bei comprim. Aorta mit mässig starkem elektr. Strome gereizt.	+0·3	von 144 auf 158	
					Halsmark bei compr. Aorta mit starkem Strome ger.		von 130 auf 144	
					Halsmark bei compr. Aorta mit starkem Strome ger.		von 128 auf 136	

		durchschnitten. Linker *Splanchnicus* in der Bauchhöhle durchschnitten. Rückenmark zw. 3. und 4. Halswirbel durchschnitten.			Halsmark peripher b. 10 Mm. R. A. gereizt.	+1·17	von 52 auf 148	
					Halsmark peripher b. 10Mm. R. A. ganz kurze Zeit hindurch gereizt.	+1·17	v. 42 auf 66	
X	Grosses Kaninchen	*Vagus, sympathicus, depressor* am Halse durchschnitten. Halsmark zwischen 3. und 4. Wirbel durchschnitten.	3·33	38	Halsmark peripher mit schwachem Strome ger.	+0·5	v. 34 auf 44	
					Halsmark peripher mit stärkerem Strome gereizt.	+0·83	von 40 auf 102	
					Bauchaorta oberhalb der *A. coeliaca* mit Pincette comprimirt,	—	von 42 auf 102	
					Halsmark bei compr. Aorta mit starkem Strome ger.	+1	von 102 auf 144	
					Halsmark bei compr. Aorta mit starkem Strome gereizt.	+1·17	von 128 auf 140	
					Halsmark mit starkem Strome gereizt.	+1	v. 32 auf 94	
					Bauchaorta oberhalb der *A. coeliaca* mit Pincette comprimirt.	—	von 44 auf 130	
					Halsmark mit sehr starkem Strome gereizt.	+0·33	v. 32 auf 76	
					Bauchaorta oberhalb der *A. coeliaca* mit Pincette comprimirt.	—	v. 38 auf 86	
					Halsmark bei compr. Aorta mit sehr starkem Strome gereizt.	+0·66	von 86 auf 124.	

Versuchs-Zahl	Versuchs-Thier	Vor-Operationen	Pulszahl bei Versuchs-Beginn	Blutdruck b. Versuchs-Beginn	Eingriffe	Veränderungen des Herzschlages	Veränderungen des Blutdruckes	Besondere Bemerkungen
XI	Grosses Kaninchen	Beide *Nn. splanchnici* von der Bauchhöhle aus durchschnitten. Halsmark zwischen 3.u.4. Wirbel durchschnitten. *Vagi* erhalten!	2·87	30	Halsmark bei 9 Mm. R. A. kurz gereizt.	+1	v. 30 auf 68	
					Halsmark bei 15 Mm. R. A. gereizt.	+0·75	v. 28 auf 32	
					Halsmark bei 12 Mm. R. A. gereizt.	+0·25	v. 26 auf 36	
					Nachdem durch Aussetzen der Ventilation Dyspnoë und starke Pulsverlangsamung herbeigeführt wurde, wird das Halsmark bei 10 Mm. R. A. gereizt.	+1	—	Nach Beendigung d. Halsmarkreiz. sinkt d. Herzschlag wieder sehr beträchtlich ab.
					Nachdem durch Dyspnoë der Puls stark verlangsamt wurde, wird d. Halsmark bei 10 Mm. R. A. gereizt.	+0·5	—	Hierauf tritt wieder starke Pulsverlangsamung ein.
					Halsmark bei 10 Mm. R. A. gereizt.	+0·62	v. 24 a. 106	
					Nachdem durch Dyspnoë der Puls stark verlangsamt wurde, wird d. Halsmark b. 10 Mm. R. A. ger.	+1·25	v. 24 auf 62	Hierauf tritt wieder starke Pulsverlangsamung ein.
					Halsmark bei 10 Mm. R. A. gereizt.	+0·62	v. 30 auf 86	
					Nachdem durch Dyspnoë	+1·5	v. 24 auf 66	Hierauf tritt wieder

					Bauchaorta oberhalb der *A. coeliaca* comprimirt.	—	v. 18 a. 152	
					Bei comprim. Aorta wird durch Dyspnoë der Puls verlangsamt und dann das Halsmark bei 8 Mm. R. A. gereizt.	+1·25	von 152 auf 160	Hierauf tritt wieder starke Pulsverlangsamung ein.
					Halsmark bei 8 Mm. R. A. gereizt.	+0·62	v. 32 auf 44	
					Halsmark bei 4 Mm. R. A. gereizt.	+0·75	v. 22 auf 52	
XII	Grosses Kaninchen	*Vagus, sympathicus, depress.* u. beide *Nn. splanchnici* durchschnitten. Halsmark zwischen 3. und 4. Wirbel durchschn.	3	38	Halsmark bei 10 Mm. R. A. peripher gereizt.	+0·75	v. 38 auf 74	Wegen zufällig. Beschädig. d. Quecksilbermanometers musste von da ab das Federmanomet. verwendet werden.
					Halsmark bei 10 Mm. R. A. gereizt.	+0·5		
					Halsmark bei 8 Mm. R. A. gereizt.	+0·75		
XIII	Grosses Kaninchen	*Vagus, sympathicus, depressor* u. linker *splanchnicus* durchschnitten. Halsmark zw. 3. u. 4. Wirbel durchschnitten, die Marksubstanz dabei aber stark zerrissen!	4·25	52	Halsmark bei 9 Mm. R. A. peripher gereizt.	—	v. 48 auf 72	
					Halsmark bei 9 Mm. R. A. gereizt.	-	v. 40 auf 64	
					Bauchaorta oberhalb der *A. coeliaca* mit Pincette comprimirt.	—	v. 52 a. 174	
					Halsmark bei compr. Aorta bei 9 Mm. R. A. gereizt.	—	v. 166 a. 186	
					Halsmark bei 8 Mm. R. A. gereizt bei compr. Aorta.	—	v. 144 a. 178	
					Halsmark bei compr. Aorta bei 6 Mm. R. A. gereizt.	—	v. 116 a. 156	

Versuchs-Zahl	Versuchs-Thier	Vor-Operationen	Pulszahl bei Versuchs-Beginn	Blutdruck b. Versuchs-Beginn	Eingriffe	Veränderungen des Herzschlages	Veränderungen des Blutdruckes	Besondere Bemerkungen
XIV	Grosses Kaninchen	*Vagus, sympathicus, depressor* beiderseits am Halse durchschnitten. Rückenmark unter dem 3. bis 5. Halswirbel blossgelegt.	3·31	124	Halsmark bei 15 Mm. R. A. elektrisch gereizt.	—	von 124 auf 148 gest.	
					Halsmark bei 12 Mm. R. A. gereizt.	—	von 124 auf 150 gest.	
					Halsmark bei 5 Mm. R. A. gereizt.	—	von 120 auf 136 gest.	
					Halsmark bei 3 Mm. R. A. gereizt.	—	von 110 auf 132 gest.	
					Halsmark zwischen 3. und 4. Wirbel durchschnitten.	auf 2 herabgesunken	auf 22 gesunken	
					Peripherer Halsmarkstumpf elektrisch gereizt bei 5 M. R. A.	+1	von 22 auf 124 gest.	
					Halsmark peripher gereizt bei 0 Mm. R. A.	+0·75	von 44 auf 130 gest.	
					Halsmark peripher gereizt bei 0 Mm. R. A.	+1	von 24 auf 116 gest.	
					Halsmark bei gleichzeitiger elektrischer Reizung der *Vagi* peripher bei 0 Mm. R. A. gereizt.	+1	von 20 auf 90 gest.	Der Herzschlag, der vor der Rückenmarkreizung auf 1·25 gesunken, bei der Rückenmarkreizung auf 2·25 ge-

								doppelt sich bei der Rückenmarksreiz. und sinkt später wieder auf 1·25 ab.
XV	Grosses Kaninchen	*Vagus, sympathicus, depressor* beidersts. am Halse durchsch. Rückenmark unter dem 3. bis 5. Halswirbel blossgelegt.	4·13	128	Halsmark bei 5 Mm. R. A. gereizt.	—	von 128 auf 172 gest.	
					Halsmark bei 0 Mm. R. A. gereizt.	—	von 140 auf 160 gest.	
					Halsmark bei gleichzeitiger elektrischer Reizung der *Vagi* bei 0 Mm. R. A. gereizt.	+1·33	v. 38 auf 75 gest.	Der Herzschlag, der vor der Halsmarkreizung auf 1 gesunken war, steigt gleich bei Beginn der Halsmarkreizung auf 1·42, später auf 2·33, und sinkt dann wieder auf 1·83.
					Halsmark am 4. Wirbel durchschnitten.	auf 2·25 gesunken	auf 24 gesunken	Herzschlag u. Blutdruck erreichen d. Tiefstand innerhalb von 6 Min. in langsamem, gleichmässigem Fallen.
					Halsmark bei 0 Mm. R. A. peripher gereizt.	+1·25	von 24 auf 108 gest.	
					Halsmark bei 0 Mm. R. A. peripher gereizt.	+1·12	von 22 auf 112 gest.	

Erklärung der Abbildungen.

Sämmtliche Curven stammen von curarisirten Kaninchen, deren Halsmark in der Gegend des dritten bis vierten Wirbels durchschnitten war. Bei den Versuchsthieren, von welchen die auf der Taf. I befindlichen Curven, dann Curve I auf Taf. II herrühren, waren nebstdem die *Vagi, depressores* und *sympathici* am Halse durchschnitten worden. Alle Curven sind von einem Quecksilbermanometer gezeichnet. Auf der Horizontalen unter jeder Curve sind die Schläge eines Metronoms durch kleinere senkrechte Striche verzeichnet. Die Abstände je zweier solcher Striche haben den Werth von einfachen Secunden, nur bei Curve 1 auf Tafel I und II haben sie den Werth von Doppelsecunden. Die durch eine zweite Horizontale mit einander verbundenen höheren senkrechten Striche zeigen den Zeitpunkt und die Dauer einer Reizeinwirkung an.

Tafel I.

Curve I, II und III geben die Veränderungen des Herzschlages bei Reizung des peripheren Halsmarkstumpfes wieder. Rollenabstand bei Curve I 0 Mm. bei II 9 Mm., bei III 4 Mm.

Bei dem Versuchsthiere, von dem Curve II und III stammen, waren die *Splanchnici* durchschnitten.

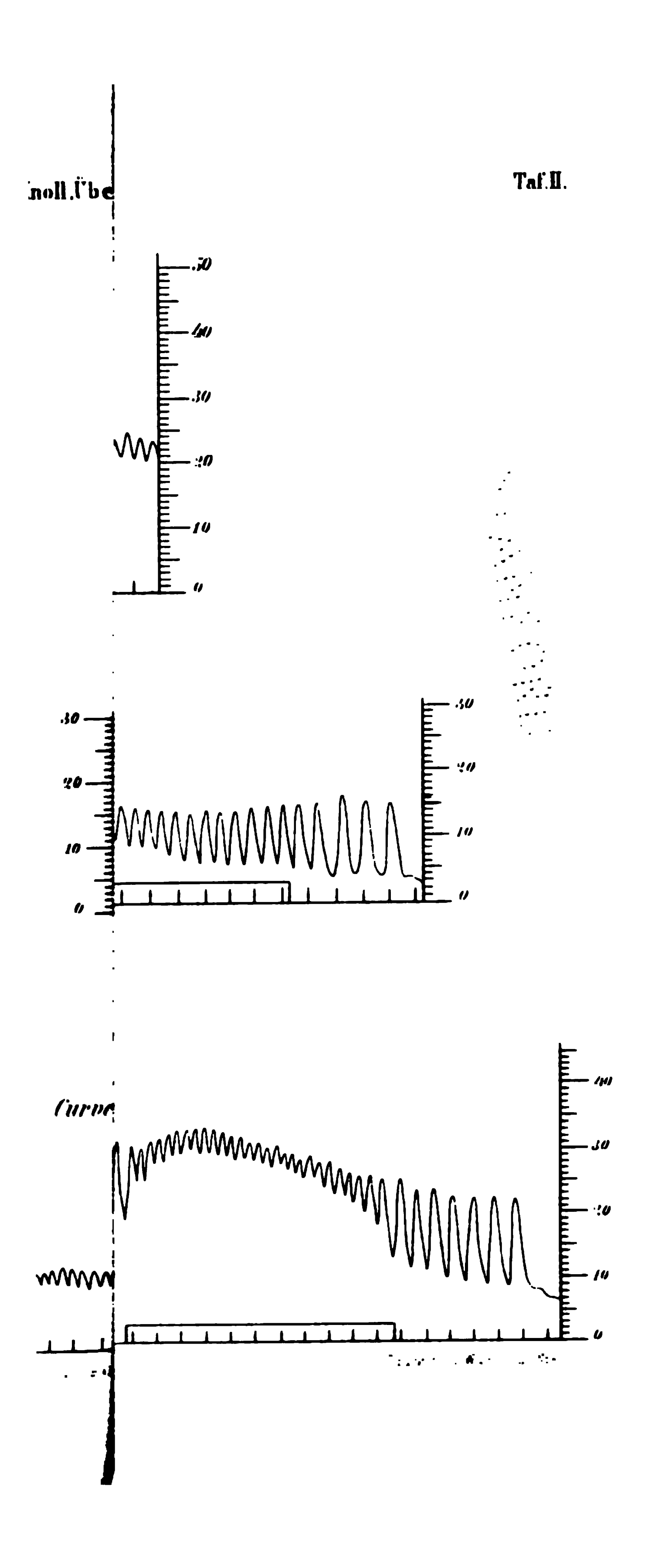
Abstand der Zeitmarken bei Curve I = 2″.

Tafel II.

Curve I. Reizung des peripheren Halsmarkstumpfes bei 0 Mm. Rollenabstand, während elektrischer Erregung eines Vagus. Abstand der Zeitmarken = 2″.

Curve II und III. Reizung des peripheren Halsmarkstumpfes bei 10 Mm. Rollenabstand während Erregung der erhaltenen *Vagi* durch Dyspnoë.


d. III. Abth. 1872.


noll. Übe
50
40
30
20
10
0
30
20
10
0
30
20
10
0
Curve
40
30
20
10
0

Über die Veränderungen des Herzschlages bei reflectorischer Erregung des vasomotorischen Nervensystemes, so wie bei Steigerung des intracardialen Druckes überhaupt.

(Mit 4 Tafeln.)

Von Dr. **Philipp Knoll,**
Privatdocent in Prag.

(Aus dem physiologischen Institute zu Prag.)

Unregelmässigkeiten des Herzschlages sind eine beim Menschen sehr häufig zu beobachtende Erscheinung. Wir sehen dieselben unter den verschiedensten Verhältnissen auftreten: bei Verwachsungen des Herzens mit dem Herzbeutel, bei fettiger Degeneration des Herzens, bei Klappenaffectionen, besonders bei solchen der Aortenklappen und der Mitralklappen. Wir beobachten ein vorübergehendes Auftreten derselben bei der sogenannten *Angina pectoris*, nicht selten aber auch ohne alle Nebenerscheinungen bei sonst ganz gesunden jugendlichen Individuen. In allen diesen Fällen sind uns die eigentlichen Bedingungen dieser Erscheinung noch vollständig unklar. Selbst dort, wo Structurveränderungen des Herzens einen Anhaltspunkt für die Erklärung derselben zu bieten scheinen, wird uns dieser Anhaltspunkt dadurch wieder entzogen, dass wir ganz dieselben Structurveränderungen in Fällen auffinden, in denen es nie zu einer Unregelmässigkeit des Herzschlages kam.

Es erscheint darum wohl nicht unwichtig, dort wo wir Unregelmässigkeiten des Herzschlages durch Eingriffe irgend welcher Art am Thiere herbeiführen können, den Bedingungen des Eintretens dieser Erscheinung nachzuforschen. Durch das Studium unter den einfachen Verhältnissen, welche man bei einem Versuche am Thiere herzustellen vermag, kann man wohl noch

am frühesten einen Einblick in den Causalnexus einer Erscheinung erlangen, welche uns beim Menschen unter so complicirten und so wenig abzuschätzenden Verhältnissen entgegentritt, dass sich für eine der Kritik standhaltende Betrachtung gar kein Anhaltspunkt ergibt.

Von Herrn Prof. Hering darauf aufmerksam gemacht, dass Kratschmer in seinen Mittheilungen über Reflexe von der Nasenschleimhaut auf Athmung und Kreislauf über eine eigenthümliche Unregelmässigkeit des Herzschlages berichtet, welche nach Durchschneidung der *Nervi vagi* auf Reizung der Nasenschleimhaut bei Kaninchen eintritt [1], unterzog ich diese Erscheinung in dem physiologischen Laboratorium der hiesigen Universität einem eingehenden Studium.

Kratschmer, der seine Untersuchungen hauptsächlich auf die reflectorische Erregung des *Nervus vagus* und die Athmungshemmung bei Reizung der Nasenschleimhaut gerichtet hat, berührt jene oben erwähnte interessante, in der Regel erst nach Durchschneidung der *Nervi vagi* zu beobachtende Erscheinung nur ganz nebenbei. Es musste daher das Phänomen selbst vor allem näher studirt und präcisirt werden.

Die hierauf bezüglichen Untersuchungen wurden beinahe lediglich an Kaninchen ausgeführt, welche Thiere sich weitaus am besten für diese Experimente eignen. Bei Katzen kömmt die in Rede stehende Erscheinung ebenfalls ganz schön zum Vorschein, bei Hunden dagegen konnte nach Reizung der Nasenschleimhaut niemals eine Unregelmässigkeit des Herzschlages beobachtet werden.

Die Versuchsthiere wurden gewöhnlich bis zum vollständigen Erlöschen der willkürlichen Bewegung curarisirt, und durch einen Blasebalg in gleichmässiger Weise künstlich ventilirt. Öfter wurden auch Controlversuche an nicht vergifteten Thieren, bei natürlicher Athmung, vorgenommen. Zur Aufzeichnung des Blutdruckes und des Herzschlages wurde eine der Carotiden,

---

[1] Wie Prof. Hering mir freundlichst mittheilte, wurde während der Untersuchung Kratschmer's diese Unregelmässigkeit des Herzschlages auch öfter bei unverletzten Vagis beobachtet, besonders als eine Art Nachwirkung, nachdem sich die reflectorische Erregung der Vagi erschöpft hatte.

meistens die rechte, und zwar immer erst nach Beendigung aller Voroperationen, mit einem am Kymographion angebrachten Quecksilber- oder Federmanometer verbunden. Am Kymographion selbst wurden ausser den Herzschlägen die Dauer der Reizeinwirkung, die nach ihrem Zeitwerth vorher bestimmten Schläge eines Metronoms, und die fortlaufende Abscisse des Blutdruckes verzeichnet. Zu Ende eines jeden Versuches wurden die vorgenommenen Operationen durch die Section constatirt.

Das wesentliche Detail der ausgedehnten Versuchsreihe habe ich im Anhange in zwei Tabellen möglichst kurz wiedergegeben. Die Berechnung des Blutdruckes nach Mm. Quecksilber wurde in den Fällen, wo mit dem Federmanometer gearbeitet wurde, da kein besonderes Bedürfniss hiefür vorhanden war, wegen der Umständlichkeit dieser Operation unterlassen.

Ehe ich darangehe, die Hauptergebnisse dieser Versuchsreihe zu besprechen, sei es mir gestattet, einige allgemeine Bemerkungen über Herzschlag und Blutdruck bei dem benützten Versuchsthiere, dem Kaninchen, aus der grossen Zahl der angestellten Versuche abzuleiten. Der Herzschlag schwankte nach Durchschneidung der *N. vagi, sympathici* und *depressores* bei den Versuchsthieren zwischen 3·75 und 6·50 Schlägen in der Secunde. Gewöhnlich lag die Zahl der Herzschläge zwischen 4 und 5, als Mittelzahl ergaben sich 4·50 Schläge in der Secunde. Der Blutdruck schwankte zwischen 100 und 210 Mm. Quecksilber. Die meisten Zahlen lagen zwischen 120 u. 160 Mm., die Mittelzahl war 146 Mm.

Wenn die *Nervi vagi* erst im Verlaufe des Versuches durchschnitten wurden, so ergaben sich in der Mehrzahl der Fälle, als Zeichen eines kräftigen *Vagus-Tonus* bei den Versuchsthieren, eine deutliche Zunahme der Frequenz der Herzschläge (um 0·25 bis 1·25 Schläge pro Secunde) und eine beträchtliche Zunahme des Blutdruckes nach der bezeichneten Operation.

In drei Fällen, von denen einer ein nichtcurarisirtes Thier betraf, war jedoch keinerlei Beschleunigung des Herzschlages oder Blutdrucksteigerung nach der Vagusdurchschneidung wahrzunehmen [1].

---

[1] In einem Falle trat dagegen beides nach Durchschneidung des einen Vagus sehr deutlich hervor, während die Durchschneidung des zwei-

Sowohl Herzschlag als Blutdruck zeigten in der grössten Anzahl der Experimente während des ganzen Versuches keinerlei erhebliche, rasch sich vollziehende Veränderungen, welche nicht durch absichtliche Eingriffe bedingt gewesen wären. Vereinzelte abweichende Fälle wurden entweder nicht, oder erst nach eingetretener anhaltender Regelmässigkeit der Puls- und Blutdruckcurve zur Anstellung von Reizversuchen benützt. Dagegen machte sich beinahe durchwegs eine allmälige Abnahme des Blutdruckes und des Herzschlages bei länger dauernden Versuchen bemerkbar.

§. 1. Auf Reizung der Nasenschleimhaut bei durchschnittenen *Nervis vagis* tritt eine rasche und beträchtliche Steigerung des Blutdruckes ein.

Wenn man bei einem Kaninchen, dessen *Nervi vagi* durchschnitten sind, die Nasenschleimhaut in der von Kratschmer angegebenen Weise mechanisch oder chemisch reizt, so beobachtet man gleich nach Einwirkung des Reizes ein rasches und beträchtliches Ansteigen des Blutdruckes, was auch Kratschmer schon berichtet hat. Das Ansteigen des Blutdruckes bis zum Gipfel der Drucksteigerung erfolgt bei kurzdauernder Reizung gewöhnlich innerhalb weniger (2—10) Secunden. Wirkt der angewendete Reiz durch längere Zeit ein, so vergeht auch ein längerer Zeitraum (bis zu einer halben Minute) von dem ersten Einwirken des Reizes bis zu jenem Punkte, doch dauert dann nicht etwa das Ansteigen des Blutdruckes immer bis zur Beendigung der Reizung fort. Nach Beendigung der Reizung sinkt der Blutdruck allmälig, und zwar gewöhnlich wesentlich langsamer als er angestiegen war, auf seine ursprüngliche Höhe herab. Ganz ausnahmsweise bleibt der Blutdruck noch sehr lange nach Ablauf der Reizung beträchtlich erhöht (Versuch II).

---

ten Vagus keinerlei wahrnehmbaren Effect mehr hinzufügte. Wie mir Herr Prof. Hering mittheilt, kömmt dies bei Kaninchen und Hunden öfter vor, und ebenso ist die Reizung des einen Vagus bisweilen von ungleich grösserer Wirkung auf das Herz als die gleich starke des anderen, auch wenn alle hierbei nothwendigen Cautelen beachtet werden. Dies Alles weist darauf hin, dass auch bei Säugethieren die Hemmungsfasern des Herzens zuweilen ungleich auf die beiden Vagi vertheilt sind.

Die Blutdrucksteigerung schwankt von 16—82 Mm. Quecksilber und ist von der ursprünglichen Höhe des Blutdruckes allem Anscheine nach unabhängig. Die höchsten Zahlen werden bei länger andauernder Reizung der Nase durch Chloroformdämpfe, diesen sehr nahe stehende Zahlen durch Einblasen von Tabakrauch in die Nase erzielt. Am geringsten und am schnellsten vorübergehend ist die Drucksteigerung bei mechanischer Reizung der Nase. Die Empfindlichkeit der Versuchsthiere gegen die gewöhnlich angewendeten Reize ist eine sehr verschiedene. Mit öfterer Wiederholung der Reizung stumpft sich die Empfindlichkeit meistens ab, doch reagirten manche Thiere gegen den Reiz nach oftmaliger Wiederholung noch ebenso intensiv wie bei dem ersten Versuche.

Elektrische Reizung der Nasenschleimhaut durch den Inductionsstrom mittelst eingeführter kleiner Schwämmchen — Elektroden lieferte dieselben Ergebnisse wie die Reizung durch Chloroform oder Tabakrauch, doch musste beinahe immer der Inductionsstrom verstärkt werden, um bei Wiederholung des Versuches an einem und demselben Thiere einen deutlichen Reizeffect zu erzielen.

§. 2. Mit der Änderung des Blutdruckes tritt auch eine Änderung in der Frequenz und dem Rhythmus des Herzschlages ein.

Wenige Secunden (meistens 2—8 Secunden) nach Eintritt der eben geschilderten Blutdrucksteigerung macht sich eine deutliche Verlangsamung des Herzschlages bemerkbar, obgleich, wie erwähnt, die *Nervi vagi* durchschnitten sind. Ausnahmsweise jedoch kann auch ein längerer Zeitraum vom ersten Einwirken der früher bezeichneten Reize bis zum Hervortreten dieser Erscheinung vergehen. Die Verlangsamung des Herzschlages ist eine allmälig zunehmende, beträgt 0·12—1 Schlag für die Secunde und ist bei sehr hoher ursprünglicher Pulsfrequenz gewöhnlich am beträchtlichsten. Die Grösse der Verlangsamung ist weder zu der Grösse der Blutdrucksteigerung, noch zu der absoluten Höhe des Blutdruckes in einem constanten Verhältnisse. Gleichzeitig mit dem Auftreten der Verlangsamung nehmen auch die verzeichneten Pulswellen deutlich an Höhe zu.

Wenn durch einen vorangegangenen Eingriff das Auftreten einer deutlichen Blutdrucksteigerung auf Reizung der Nasenschleimhaut verhindert wird, so kann dennoch eine Verlangsamung des Herzschlages bei der in Rede stehenden Reizung eintreten (Versuch XI), und zwar unabhängig von einer etwaigen, durch den Reiz bedingten gleichzeitigen Abänderung der Athembewegungen. Die Verlangsamung fehlt nur in Ausnahmsfällen vollständig, wenn in Folge der Einwirkung eines der angegebenen Reize eine erheblichere Blutdrucksteigerung eintritt. Sie verschwindet immer mit Absinken des Blutdruckes allmälig, und zwar so, dass sich häufig noch eine Spur der Verlangsamung vorfindet, wenn der Blutdruck bereits ganz wieder auf die ursprüngliche Höhe zurückgegangen ist.

Nachdem die Verlangsamung der Herzaction bereits einige Zeit hindurch bestanden hat, ausnahmsweise vor deutlichem Hervortreten derselben, machen sich eigenthümliche Unregelmässigkeiten in der Pulscurve bemerkbar. Starke Senkungen, gefolgt von starken Elevationen, zusammen im Zeitwerthe von zwei oder drei Herzschlägen, wechseln mit den gewöhnlichen Pulswellen ab. Der Eintritt dieser Erscheinung wird immer durch eine starke Senkung der Pulscurve markirt.

Diese abnormen Herzschläge, welche bei Verzeichnung durch das Quecksilbermanometer bisweilen ganz das Bild der auf Vagusreizung eintretenden Herzschläge bieten, finden sich öfter in längerer ununterbrochener Reihenfolge (Taf. I, Curve II und III), so dass man den Eindruck einer anhaltenden Vagusreizung empfängt; meistens aber wechseln einzelne solche Unregelmässigkeiten mit einer geringeren oder grösseren Zahl gewöhnlicher verlangsamter Herzschläge ab (Tafel I, Curve I). Neben diesen, den Vaguspulsen zu vergleichenden Unregelmässigkeiten treten starke zweigipfelige Elevationen auf (*Pulsus bigeminus* Traube), welche mit den erst beschriebenen Unregelmässigkeiten und mit normalen Herzschlägen in buntester Reihenfolge sich ablösen. Der Zeitwerth eines solchen *Pulsus bigeminus* ist gleich dem von zwei verlangsamten Herzschlägen.

Diese Unregelmässigkeiten verschwinden wieder mit dem Absinken des Blutdruckes zur ursprünglichen Höhe, und halten

in Fällen, wo dieser nach Einwirken des Reizes dauernd hoch bleibt, ebenfalls dauernd an (Versuch II).

Der Eintritt dieser Erscheinung ist, und zwar auch bei einem und demselben Versuchsthiere, nicht an eine bestimmte Grösse der Blutdruck**steigerung** oder an das Erreichen einer bestimmten absoluten Höhe des Blutdruckes gebunden. So traten einmal (Versuch IX) bei einer Blutdrucksteigerung von 112 auf 136 Mm. sehr lange anhaltende Unregelmässigkeiten ein (ähnlich in Versuch XI), während ein andermal (Versuch VII) bei einer Steigerung von 108 auf 176 keinerlei Unregelmässigkeiten zum Vorschein kamen. Im Allgemeinen aber kann man bei beträchtlicherer Blutdruck**steigerung**, oder beim Ansteigen des Blutdruckes von einer bedeutenden absoluten Höhe aus, das Eintreten dieser Erscheinung mit grösserer Sicherheit erwarten, als bei geringer absoluter Höhe und geringer Steigerung des Blutdruckes.

Einzelne Thiere reagiren auf die Reizung der Nasenschleimhaut jedoch überhaupt stark hinsichtlich des Blutdruckes, und schwach hinsichtlich der Unregelmässigkeiten. Öftere Wiederholung schwächt die Erscheinung, wie hinsichtlich des Blutdruckes, ebenso auch hinsichtlich der Unregelmässigkeiten ab.

Zu bemerken ist noch, dass das schliessliche Absinken des Blutdruckes von der während der Steigerung erreichten Höhe, von den geschilderten Unregelmässigkeiten des Herzschlages nicht beeinflusst erscheint.

§. 3. Die auf Reizung der Nasenschleimhaut eintretende Steigerung des Blutdruckes und Änderung der Schlagfolge des Herzens kömmt auch bei Reizung der *Conjunctiva* und des *N. dorsalis pedis* zur Beobachtung.

Kratschmer hat in seinen Untersuchungen über Reflexe von der Nasenschleimhaut auf Athmung und Kreislauf den Nachweis geführt, dass nach gelungener, durch die Section nachträglich bestätigter Durchtrennung beider Trigemini jeder Einfluss natürlicher und anderer Reizung der Nasenschleimhaut auf Athmung und Kreislauf aufhört. Da hieraus ersichtlich wird, dass die in Rede stehende Erscheinung Ausdruck eines Reflexes ist,

der durch die sensitiven, in der Nasenschleiml
tenden Nervenfasern vermittelt wird, so erhel
ob wir es hier mit einer nur den sensitiven Fas
schleimhaut zukommenden Eigenthümlichke
oder ob auch von anderen sensitiven Fasern a
nung ausgelöst werden kann.

Kratschmer fand, indem er den *Ramus*
Trigemini und den *N. dorsalis pedis* auf diese F
elektrische Reizung des ersten dieser Nerven
Blutdrucksteigerung, aber keine Änderung der
Herzens herbeiführe; während bei Reizung de
Nerven das Ergebniss mit Bezug auf beides e
Da es sich aber bei Kratschmer's Versuch
Erregung der peripheren Ausbreitung, ander
Erregung des Stammes eines Nerven handelte,
oben gestellte Frage zunächst mit Bezug auf
anderen peripheren Nervenausbreitung zu bean

Es ergab sich denn auch, dass auf Reizung
durch Chloroform sowohl beträchtliche Blutdru
auch die beschriebenen Unregelmässigkeiten
zur Beobachtung gelangen (Versuch IV).

Bei dieser Art der Reizung trat jedoch de
weniger sicher ein, als bei der Reizung der N
Es stellte sich ferner aber jene Erscheinung
eines Nervenstammes, nämlich des *Nervus d*
wenn der zur Reizung benützte Inductionsstr
war (Versuch II und XXII).

§. 4. Die beschriebene Änderung in folge des Herzens ist durch Reizung *stellatum* und des *Ganglion thoracicum* zu erzielen, und tritt auch nach Exs ser Ganglien noch auf.

Wenn wir bedenken, dass die in Rede ste
schnittenen Vagis beobachtete Änderung in de
Herzens zum Theile in einer regelmässigen g
samung des Herzschlages, zum Theile ferner i
der Pulscurve besteht, wie sie sonst in ähnli

momentane oder doch nur kurz anhaltende Vaguserregung zu Stande kömmt, zum Theile endlich in der Form des *Pulsus bigeminus* sich manifestirt, welchen Traube, der ihn zuerst beschrieben, als Wirkung einer Erregung des cardialen Theiles des Hemmungsnervensystemes des Herzens betrachtet; so drängt sich die Vermuthung auf, dass jene Erscheinung, eben so wie die von Kratschmer analysirte, bei intacten Vagis auftretende Erscheinung, durch eine reflectorische Erregung von Hemmungsfasern des Herzens bedingt sein dürfte.

Es müsste sich dann aber um bisher unbekannte Hemmungsfasern des Herzens handeln, welche ausserhalb der Bahn des *N. vagus* ans Herz treten.

Von dieser Vorstellung ausgehend, suchte ich zunächst die Frage zu beantworten, ob man bei Reizung des *Ganglion stellatum* und des ersten Brustganglion diese supponirten Hemmungsfasern erregen könne.

Da beim Kaninchen nach den bisherigen Erfahrungen die ausserhalb der Bahn des *N. vagus* und des *Depressor*, welche beide bei meinen Versuchen durchschnitten waren, zum Herzen ziehenden Nervenfasern von jenen Ganglien abgehen, so lag es am nächsten, sich beim Forschen nach jenen supponirten Hemmungsfasern vor allem an jene Ganglien zu wenden.

Es wurden zu diesem Zwecke an mageren Versuchsthieren jene Ganglien frei präparirt, und zwar theils nur vom Halse aus, theils mit Zuhilfenahme der von Eckhard angegebenen Methode [1]. Die Reizung jener Ganglien hatte jedoch bei Anwendung der verschiedensten Stromstärken keinerlei Unregelmässigkeit des Herzschlages zur Folge (Versuch VI und XXVII). Auch konnte noch nach Exstirpation jener Ganglien, von der Nasenschleimhaut aus sowohl Blutdrucksteigerung als Unregelmässigkeit des Herzschlages reflectorisch ausgelöst werden (Versuch V und VII).

---

[1] Die Stellung der Nerven beim künstlichen Diabetes. Beiträge zur Anatomie und Physiologie. Giessen 1867, p. 21.

§. 5. Nach Durchschneidung des Rü tritt auf Reizung der Nasenschleimha Änderung des Blutdruckes und der des Herzens ein.

Nachdem auf diese Weise ermittelt war, das ten Hemmungsfasern des Herzens nicht durch die l ten Ganglien zum Herzen ziehen, musste sich we erheben, auf welchem Wege sonst dieselben ans könnten. Zur Beantwortung dieser Frage musste schieden werden, ob wir es mit Rückenmarksf haben, und in welcher Höhe diese Fasern das Rü lassen. Zu diesem Zwecke wurden die bekannte zunächst an Thieren angestellt, deren Halsmark ho schnitten war.

Um diese Durchschneidung des Halsmarkes ber und mit geringem Blutverluste auszuführen, betreffenden Versuchsthieren immer ein grösser mark blossgelegt, und dann die zwischen dem drit oder zwischen dem vierten und fünften Wirbel g desselben, nach Durchschneidung der Hintersträ stumpfen Häkchen emporgehoben, und auf diesen ser vollständig durchtrennt.

Eine grössere Anzahl von Reizversuchen, die durchschnittenem Halsmarke angestellt wurden nach diesem Eingriffe durch die bekannten Reize schleimhaut aus keine deutliche Blutdrucksteiger lei Änderung in der Frequenz und dem Rhythmus mehr zu erzielen ist (Versuch XV, XVI, XXVII, XXX, XXXI).

Man muss hieraus zunächst den von vornher den Schluss ziehen, dass die immer vor Änderung ges eintretende Steigerung des Blutdruckes, we jene Reizungen folgt, durch eine Erregung des v Nervencentrums bedingt ist, welche nach Abtre *dulla oblongata* vom Rückenmarke, ihre Einwirku fässe nicht mehr zu äussern vermag.

Das Ausbleiben einer jeden Änderung der Frequenz und des Rhythmus der Herzschläge konnte dagegen nicht ohne weiters als Beweis für die Existenz von Hemmungsfasern des Herzens angesehen werden, welche unterhalb des vierten Halswirbels das Rückenmark verlassen, um auf anderen Bahnen als durch das *Ganglion stellatum* und *Ganglion thoracicum primum* zum Herzen zu ziehen. Durch die Durchtrennung des Halsmarkes war nämlich ein neuer Factor in unsere Versuche eingeführt worden: eine ganz abnorme Erniedrigung des Blutdruckes.

Es konnte immerhin möglich sein, dass jene Änderung in der Schlagfolge des Herzens, welche wir bei unverletztem Halsmarke beobachten können, durch Bedingungen herbeigeführt wird, welche ihre Wirkung nur unter den gewöhnlichen Blutdrucksverhältnissen entfalten. Es hätte dann das Ausbleiben der bewussten Erscheinung nach der Rückenmarkdurchschneidung auch nur die Bedeutung gehabt, dass ihr Eintritt durch die mit der Rückenmarkdurchschneidung herbeigeführten abnormen Blutdruckverhältnisse verhindert ist. Zur Entscheidung dieser Angelegenheit musste man bei durchschnittenem Rückenmarke die gewöhnlichen Blutdrucksverhältnisse erzeugen, und dann die Reizversuche wieder vornehmen. Die Erhöhung des Blutdruckes wurde entweder durch Heben des Hinterkörpers der Versuchsthiere (Versuch XXVII), oder durch Abklemmen oder Unterbinden der Bauchaorta oberhalb des Abganges der *Arteria coeliaca* bewirkt (Versuch XXX u. XXXI).

Es erwiesen sich nun die gewöhnlichen Reizversuche wohl auch unter diesen geänderten Versuchsbedingungen wirkungslos, aber der Umstand, dass einigemale nach Eintritt der auf jene Weise herbeigeführten Steigerung des Blutdruckes, ohne jeden weiteren Eingriff, Unregelmässigkeiten des Herzschlages von der früher beschriebenen Art, und in einem Falle auch eine deutliche Verlangsamung sich einstellten, veranlasste nun die Fragestellung, ob man nicht in der bei den gewöhnlichen Reizversuchen eintretenden Änderung des Herzschlages überhaupt lediglich eine Wirkung der vorhergegangenen Blutdrucksteigerung zu sehen habe, und ob nach Rückenmarkdurchschneidung diese Erscheinung nur darum nicht auftreten könne, weil nach der Abtrennung des vasomotorischen Nervencentrums vom Halsmarke die reflec-

torische Gefässverengerung sich nur auf ein sehr kleines Gebiet erstrecken, und darum zu keiner irgend erheblichen Blutdrucksteigerung führen kann.

§. 6. Blutdrucksteigerung, auf die verschiedenartigste Weise herbeigeführt, hat Unregelmässigkeiten und unter Umständen auch Verlangsamung des Herzschlages zur Folge.

Gegen die Annahme, dass die beschriebene Änderung in der Schlagfolge des Herzens von einer vorhergegangenen Steigerung des Blutdruckes abhängig sein könnte, hatten sich von vorneherein wesentliche Bedenken erhoben, Bedenken, die zum Theile aus der eigenen Beobachtung und zum Theile aus den Ergebnissen der von Anderen über die Einwirkung des Blutdruckes auf den Herzschlag angestellten Versuche geschöpft waren.

In Bezug auf ersteren Punkt muss ich auf bereits früher Hervorgehobenes hinweisen, nämlich auf die ausnahmsweise ohne gleichzeitige Blutdrucksteigerung beobachtete Verlangsamung des Herzschlages nach Reizung der Nasenschleimhaut. In Bezug auf den zweiten Punkt aber waren ganz besonders die von Bezold und Stezinsky angestellten Versuche zu berücksichtigen[1].

Bekanntlich bestanden durch längere Zeit widersprechende Meinungen über den Einfluss des intracardialen Blutdruckes auf die Häufigkeit des Herzschlages. Bezold, der bei seinen Untersuchungen über die excitomotorischen Herznerven in die Lage kam, diesen Einfluss in nähere Berücksichtigung zu ziehen, glaubte den Grund des Widerspruches in den betreffenden Angaben darin finden zu können, dass bei den meisten der denselben zu Grunde liegenden Versuche der Einfluss des Vagus einerseits, und der excitomotorischen Fasern des Rückenmarks anderseits nicht ausgeschlossen war, dass es aber nothwendig sei, das Herz ganz von Hirn und Rückenmark loszulösen, und dem allei-

[1] Von dem Einflusse des intracardialen Blutdruckes auf die Häufigkeit der Herzschläge. Untersuchungen aus dem physiolog. Laboratorium in Würzburg. Zweites Heft. 1867.

nigen Einfluss der in ihm selbst vorhandenen Nervencentren zu übergeben, um die Einwirkung des intracardialen Blutdruckes auf die Schlagfolge des Herzens prüfen zu können.

Von dieser Erwägung ausgehend, stellte er eine grössere Reihe von Versuchen über die Einwirkung des intracardialen Blutdruckes an Kaninchen an, denen sowohl das Halsmark als die *Nervi vagi* und der Halssympathicus durchschnitten waren. Die Drucksteigerung wurde in diesen Versuchen durch Heben des Hinterkörpers der Versuchsthiere, durch Abklemmen der Brustaorta dicht unterhalb des Abganges der grossen Halsgefässe, und endlich durch Injection von Kalbsblut in eine Carotis erzeugt. Bei allen drei Methoden der Steigerung des intracardialen Druckes beobachtete Bezold den sofortigen Eintritt einer beträchtlichen, erst mit dem Absinken zu den ursprünglichen Druckverhältnissen allmälig wieder verschwindenden Beschleunigung der Herzschläge. Nur bei sehr hoher Drucksteigerung sah Bezold diese Beschleunigung noch während der Periode erhöhten Druckes wieder verschwinden. Es schien hiemit die Frage nach dem Einflusse des intracardialen Druckes auf den Herzschlag erledigt, und ich hatte so lange keinen Anlass, bei der von mir beobachteten Änderung in der Schlagfolge des Herzens, welche nichts weiter als eine andauernde mässige, und eine zeitweise intensive Verlangsamung des Herzschlages zu sein schien, an eine Einwirkung des Blutdruckes zu denken, als mich nicht die oben erwähnten, unter den von Bezold geforderten Bedingungen angestellten Versuche überzeugten, dass Bezold's Behauptung über den Einfluss des intracardialen Blutdruckes auf den Herzschlag doch wohl nicht allgemeine Geltung beanspruchen kann.

Ich entschloss mich daher vor jedem weiteren Schritte in der mich beschäftigenden Untersuchung, die Frage nach der Einwirkung des intracardialen Blutdruckes auf den Herzschlag selbst einer sorgfältigen Prüfung zu unterziehen.

Über die Ergebnisse dieser Untersuchung habe ich Folgendes zu berichten:

Verschliessung der Bauchaorta[1] oberhalb des Abganges der *Arteria coeliaca* ruft bei Thieren, deren Hals-

[1] Die Verschliessung der Bauchaorta wurde zum Theil durch Compression mit den Fingern, zum Theil durch Anlegen einer Klemm-Pinzette,

nerven[1] *(N. vagi, depressores et sympathici)* vorher durchschnitten worden, eine sehr beträchtliche Steigerung des Blutdruckes hervor. Das Ansteigen des Blutdruckes erfolgt in den ersten Secunden sehr rasch. Nachdem der erste Gipfel erreicht worden, steigt der Blutdruck noch durch längere Zeit ganz allmälig, aber nur um wenige Millimeter Quecksilber an. Als Maximum der Steigerung wurde eine Erhöhung von 94 Mm. Quecksilber beobachtet (Versuch XI). Der Höhepunkt des Blutdruckes war in spätestens 28 Secunden erreicht. Ausnahmsweise erleidet der Blutdruck während andauernden und unveränderten Aortenverschlusses eine vorübergehende beträchtliche Erniedrigung. Nach Lüftung der Aorta fällt die Blutdruckcurve in einer nahezu senkrechten Linie ab, und zwar gewöhnlich um ein beträchtliches unter die vor dem Aorten-Verschlusse verzeichnete Höhe (Versuch X beispielsweise von 100 Mm. vor, auf 46 nach Ausführung des Aorten-Verschlusses). Diese Erniedrigung ist jedoch nur eine vorübergehende und gleicht sich allmälig wieder aus. Wenige Secunden nach Eintritt der Blutdrucksteigerung macht sich eine gleichmässige, aber allmälig anwachsende Verlangsamung des Herzschlages bemerkbar, welche bis zur Lüftung der Aorta anhält, nach welcher der Herzschlag rasch wieder zu seiner ursprünglichen Frequenz zurückkehrt. Die Grösse der Verlangsamung ist nicht direct abhängig von der Grösse der Steigerung oder der erreichten absoluten Höhe des Blutdruckes, eben so wenig von der ursprünglichen Anzahl der Herzschläge. Als Minimum wurde eine Verlangsamung von 0·12 (Versuch X), als Maximum eine solche von 1·12 Schlägen pro Secunde beobachtet. Mit dem Auftreten der Verlangsamung nimmt auch die Höhe der einzelnen Pulswellen deutlich zu. Einige Zeit nach Eintritt der Verlangsamung des Herzschlages

---

zum Theil durch Heben an einer unterlegten Fadenschlinge, zum Theil endlich durch vollständiges Abbinden der Aorta herbeigeführt. Für die Resultate blieb es vollkommen gleichgiltig, auf welche der erwähnten Arten der Aorten-Verschluss geschah.

[1] Unter der, der Kürze des Ausdruckes wegen gebrauchten Bezeichnung Halsnerven sind in den folgenden Blättern immer die in der vorderen Halsgegend verlaufenden *Nn. vagi, depressores et sympathici* zu verstehen.

kommen Unregelmässigkeiten desselben zur Beobachtung, welche ganz denselben Charakter haben, wie die bei der Reizung der Nasenschleimhaut nach Durchschneidung der *Nn. vagi* auftretenden Unregelmässigkeiten. Ebenso wie dort treten auch hier meistens die unregelmässigen Herzschläge nur als momentane Unterbrechung der andauernden Regelmässigkeit des Herzschlages auf, ausnahmsweise jedoch erstrecken sich auch hier die unregelmässigen Herzschläge in ununterbrochener Folge über ein grösseres Curvenstück. Nach Lüftung der Aorta schwinden diese Unregelmässigkeiten sofort (Tafel II, Curve I und II).

Wird der Verschluss der Bauchaorta nach Durchschneidung der Halsnerven und des Halsmarkes ausgeführt, so tritt eine Blutdrucksteigerung ein, welche im ganzen wesentlich beträchtlicher ist, den Gipfelpunkt aber meist viel langsamer erreicht, als unter den vorher erwähnten Verhältnissen. Als Maximum der Steigerung wurde 126 Mm. Quecksilber notirt. Dabei wurde aber der mittlere Blutdruck bei durchschnittenen Vagis, der, wie ich Eingangs erwähnte, aus meinen Versuchen sich auf 146 Mm. berechnete, meistens nicht erreicht, und nur ganz ausnahmsweise überstiegen, was sich aus der kolossalen Erniedrigung des Blutdruckes nach der Rückenmarkdurchschneidung erklärt [1].

[1] Eine eigenthümliche und bei undurchschnittenem Rückenmarke nie zur Beobachtung gekommene Erscheinung nach Lüftung der Aorta, war eine auf das primäre Absinken des Blutdruckes folgende secundäre Steigerung desselben, weit über die ursprüngliche Höhe hinaus. Einigemale stieg dabei die Blutdruckcurve bis zu einer der Höhe während des Aortenverschlusses nahe kommenden Höhe an (die Steigerung betrug dabei zweimal 110 Mm., Versuch XV und XIX), um kurz darauf eben so allmälig wieder zu dem ursprünglichen Niveau abzusinken (Taf. III, Curve I).

Es liegt wohl am nächsten, diese Erscheinung darauf zurückzuführen, dass das Blut beim Wiedereinströmen in die unterhalb der Abklemmungsstelle liegenden, dem Einflusse des vasomotorischen Nervencentrums entzogenen Unterleibsgefässe einen Reiz für die Gefässwände bildet, in Folge dessen sich dieselben, nachdem das wieder einströmende Blut sie stark ausgedehnt hat, vorübergehend contrahiren, und der Blutdruck die bei durchschnittenen Vagis und undurchschnittenem Rückenmarke gewöhnliche Höhe nahezu erreicht.

Herr Prof. Hering theilt mir mit, dass er im Jahre 1868 mit Herrn Dr. Bela de Machik Untersuchungen über die auf locale Reize erfol-

Eine gleichmässige Verlangsamung des Herzschlages wurde unter diesen Versuchsbedingungen nach Verschluss der Bauchaorta nie beobachtet, wohl aber trat zunächst eine deutliche Erhöhung der einzelnen Pulswellen auf, und bald kamen auch die beschriebenen Unregelmässigkeiten, ganz in derselben Weise wie bei undurchschnittenem Rückenmarke zum Vorschein. (Tafel II, Curve III.) Bei zwei Versuchsthieren (Versuch XIV und XV) machte sich kürzere oder längere Zeit nach dem Auftreten der Unregelmässigkeiten, immer aber erst lange nach Beginn des Aortenverschlusses, eine ziemlich beträchtliche Beschleunigung des Herzschlages (0·5 bis 1 Schlag pro Secunde) bemerkbar. Weder Blutdrucksteigerung noch absolute Höhe des Blutdruckes waren hiebei ungewöhnlich gross, und es war bei denselben Versuchsthieren bei gleichen Blutdruckschwankungen, mehrmals, abgesehen von den erwähnten Unregelmässigkeiten, keinerlei Änderung in der Schlagfolge des Herzens beobachtet worden. Bei beiden Versuchsthieren wurde übrigens, trotz der Beschleunigung, die für den Herzschlag bei durchschnittenen Vagis und intactem Rückenmarke berechnete Mittelzahl von 4·5 Schlägen pro Secunde nicht erreicht, was sich aus der beträcht-

---

gende Contraction der *Arteria saphena* des Kaninchens angestellt hat, wobei sich unter Anderm ergab, dass diese Arterie sich energisch contrahirt, wenn hellrothes (eupnoisches) Blut plötzlich in sie einströmt, nachdem längere Zeit dunkelrothes (dyspnoisches) in ihr enthalten war, gleichviel ob letzteres sie durchströmte, oder in ihr in Folge einer Abklemmung stagnirte. Es muss daher dahingestellt bleiben, ob die oben angenommene Contraction der Bauchgefässe deshalb eintritt, weil das plötzlich unter hohem Drucke in sie einströmende Blut sie mechanisch reizt, oder ob ein chemischer Reiz seitens des einströmenden Blutes vorliegt, welches letztere doch einen anderen Gasgehalt haben dürfte, als das zuvor in den Gefässen der Baucheingeweide stagnirende.

Dass das Wiedereinströmen von Blut in ein vorher abgesperrt gewesenes Gefäss einen zur Contraction anregenden Reiz für dieses bilde, erhellt auch aus den von Cohnheim mit Hilfe des Mikroskopes an der Froschzunge gemachten Beobachtungen (Cohnheim: Untersuchungen über die embolischen Processe; Berlin 1872. pag. 35). Wurde eine um die Zunge angelegte Massenligatur nach kurzem Bestande gelöst, so sah Cohnheim die unmittelbar nach Lösung der Ligatur stark dilatirten Gefässe beim Wiedereinströmen des Blutes allmälig sich wieder auf ihr ursprüngliches Lumen verengen.

lichen Verlangsamung des Herzschlages nach der Rückenmarkdurchschneidung erklärt.

Niemals gelang es, in der von Bezold angegebenen Weise unmittelbar nach Verschluss der Bauchaorta Beschleunigung des Herzschlages zu beobachten. In der Regel erzeugte bei durchschnittenem Halsmarke die Aorten-Compression gar keine regelmässige Änderung in der Frequenz des Herzschlages, und zwar selbst dann nicht, wenn durch die einfache Aorten-Compression eine den Mittelwerth wesentlich übersteigende Höhe des Blutdruckes herbeigeführt worden war (Versuch XVIII).

In drei Fällen, wo bei durchschnittenem Halsmarke und intacten Vagis experimentirt wurde, war neben den Unregelmässigkeiten des Herzschlages eine deutliche Verlangsamung desselben bei Steigerung des Blutdruckes bemerkbar (Versuch XIX, XXVII, XXXI). Dass diese Verlangsamung auf Rechnung einer durch die Drucksteigerung herbeigeführten Vagus-Erregung zu schreiben sei, ging daraus hervor, dass der verlangsamte Herzschlag alsbald genau auf seine frühere Zahl wieder anstieg, als bei comprimirter Aorta beide Vagi durchschnitten wurden (Versuch XXXII), während keinerlei Beschleunigung des Herzschlages beobachtet werden konnte, wenn die *Nn. vagi* bei durchschnittenem Halsmarke und nicht comprimirter Aorta durchschnitten wurden (Versuch XXX und XXXI).

In der Minderzahl der Fälle traten nach Aortenverschluss überhaupt keine Unregelmässigkeiten des Herzschlages ein, besonders bei geringerer Steigerung des Blutdruckes oder kurzer Dauer der Steigerung, und zwar sowohl bei durchschnittenem als undurchschnittenem Rückenmarke.

Die überraschenden Ergebnisse dieser Versuche über den Einfluss der Blutdrucksteigerung auf den Herzschlag veranlassten mich zu einer näheren Durchsicht aller bei den früheren Versuchen gewonnenen Curven, mit Bezug auf diesen Punkt, sowie zu einer Reihe weiterer Versuche, in welcher die Blutdrucksteigerung in anderer als der vorher erwähnten Weise herbeigeführt wurde. Es stellte sich hiebei Folgendes heraus:

In allen Fällen, in denen der Blutdruck des Kaninchens schon bei Versuchsbeginn den angegebe-

nen Mittelwerth von 146 Mm. Quecksilt
waren spontane Unregelmässigkeit
schlages verzeichnet, welche ganz den
geschilderten Charakter hatten (Versuch I, III,

Dieselben Unregelmässigkeiten fa
ner bei durchschnittenen Halsnerven und inta
in einer Anzahl von Fällen, in dene
Mittelwerthe liegende Blutdruck ohne irge
oder eine irgendwie bemerkbare äussere Einw
gehend eine beträchtlichere, bis zu 7
betragende und sehr steil ansteigende Erhöh
such I, V, VIII, Tafel I Curve III und VI). Alle
einigemale eine solche spontane positive Druck
Unregelmässigkeiten des Herzschlages beobac
Schwankung hiebei nicht geringer war, als
gehende oder nachfolgende, von Unregelmässi
(Versuch VIII). Nur ausnahmsweise wurde
schwankungen eine deutliche Verlangsamun
nie aber eine Beschleunigung beobacht

Dieselben Unregelmässigkeiten
kamen ferner in drei Fällen bei de
durchschneidung eintretenden Blutd
zur Beobachtung (Versuch VI, X, XI). Sie
auch einmal bei einer nach Lüftung
getretenen hochgradigen secundäre
gerung auf (Versuch XIX, Tafel III, Curve I
in einem zweiten Falle eben so beträchtlicher
absoluten Höhe führender secundärer Steigerun
tende und regelmässige Änderung
der Herzschläge war bei dieser Art d
gerung niemals zu beobachten.

Unregelmässigkeiten des Herzsc
Allgemeinen gleich bleibender Frequenz des
auch bei einer geringen, während einer Ao
durch Heben des Hinterkörpers erze
steigerung bemerkt (Versuch XVIII).

Dieselben Unregelmässigkeiten
auch bei den Drucksteigerungen ei

Aussetzen und durch Wiederaufnahme der Ventilation herbeigeführt wurden (Versuch VIII, XII, XV, XXVI und Versuch VII und XII), und Hr. Prof. Hering theilt mir mit, dass er diese Unregelmässigkeiten bei seinen zahlreichen Dyspnoëversuchen sehr oft gesehen habe, sobald bei durchschnittenen Vagis die Dyspnoë zu starker Blutdrucksteigerung führte.

Sie konnten ferner auch bei einer durch Reizung eines *N. splanchnicus* erzeugten Blutdrucksteigerung beobachtet werden (Versuch XII). Die Frequenz des Herzschlages verminderte sich hiebei, abgesehen von den Unregelmässigkeiten, um ein Geringes.

Dieselbe Erscheinung, nur verknüpft mit einer durch andere Bedingungen veranlassten Beschleunigung der Herzaction, konnte endlich herbeigeführt werden durch Blutdruckerhöhung in Folge einer elektrischen Reizung des Halsmarkes (Versuch XVII und XIX).

Steigerung des Blutdruckes und erreichte absolute Höhe desselben waren dabei oft verhältnissmässig sehr gering.

Das Gesammtergebniss aller eben beschriebenen Versuche über die Folgen der Steigerung des intracardialen Druckes für den Herzschlag ist in Kürze Folgendes:

1. Bei abnorm hohem Blutdrucke oder bei rascher und beträchtlicher Steigerung des Blutdruckes kommen in der Regel, und zwar unter den verschiedenartigsten Versuchsbedingungen, Unregelmässigkeiten des Herzschlages zum Vorschein. Ausnahmsweise nur fehlen diese Unregelmässigkeiten, und zwar auch bei solchen Drucksteigerungen, welche bei einem und demselben Versuchsthiere unmittelbar vorher oder nachher damit verknüpft erschienen.

2. Wird eine Steigerung des Blutdruckes bei durchschnittenem Halsmarke und durchschnittenen Halsnerven *(Vagus, Sympathicus, Depressor)* herbeigeführt, so ist, abgesehen von den unregelmässigen Herzschlägen, mit derselben von vorneherein niemals eine Änderung in der Frequenz des Herzschlages verknüpft. Erst nach längerem Bestande der Druckerhöhung und nach Vorhergang der erwähnten Unregel-

mässigkeiten, kann es ausnahmsweise zu einer Beschleunigung des Herzschlages kommen.

3. Die Steigerung des intracardialen Druckes durch Compression der Bauchaorta ist, abgesehen von den unregelmässigen Herzschlägen, mit einer mässigen Verlangsamung des Herzschlages verknüpft, wenn das Rückenmark oder die Halsnerven unversehrt sind.

Der Umstand, dass die in Rede stehenden Unregelmässigkeiten des Herzschlages ausnahmsweise bei Druckschwankungen von solcher Höhe und Dauer wie unmittelbar vorhergehende oder nachfolgende, von Unregelmässigkeiten begleitete, fehlen, beweist nichts gegen die Abhängigkeit dieser Änderung des Herzschlages von der Blutdruckänderung, da jene Ausnahmsfälle sich ganz wohl aus einem, durch andere Bedingungen herbeigeführten Wechsel in den Erregbarkeitsverhältnissen der in Betracht kommenden motorischen Organe erklären lassen.

Dass wir aber in der bei zwei Versuchsthieren mit durchschnittenem Halsmarke und durchschnittenen Halsnerven beobachteten Beschleunigung des Herzschlages nach Aorten-Abklemmung nur eine, durch das Hinzutreten anderer Momente bedingte Abänderung der nach Verschluss der Aorta gewöhnlich von Seite des Herzschlages zur Beobachtung kommenden Erscheinung zu erblicken haben, und nicht etwa den wahren Ausdruck der Einwirkung intracardialer Drucksteigerung auf den Herzschlag, geht aus Folgendem hervor. Die Beschleunigung trat immer erst auf, nachdem die Blutdrucksteigerung bereits längere Zeit vorher ihren Gipfel erreicht, und ihre Einwirkung auf den Herzschlag durch die beschriebenen Unregelmässigkeiten sich kundgegeben hatte. Sie fehlte bei zahlreichen Drucksteigerungen, welche zum Theile eben so lang und noch länger währten, zum Theile eben so hoch und noch höher waren, und entweder auf dieselbe oder auf andere Weise bei denselben und bei fünf anderen Versuchsthieren herbeigeführt wurden, welchen gleichfalls Rückenmark und Halsnerven vorher durchschnitten worden waren. Die Ursache davon, dass ab und zu der durch die Durchschneidung des Rückenmarkes verlangsamte Herzschlag bei langer Dauer des Aortenverschlusses an Frequenz wieder zunimmt, könnte mög-

licherweise darin liegen, dass die Bedingung der Verlangsamung mit Wiederherstellung der natürlichen, durch die nach der Rückenmarkdurchschneidung eingetretene Blutansammlung in den Unterleibsgefässen sehr abgeänderten, Circulationsverhältnisse in dem Herzen und der Lunge schwindet.

Dem aus meinen Versuchen sich ergebenden Resultate, dass Steigerung des intracardialen Druckes keinerlei regelmässige Abänderung der Frequenz des Herzschlages erzeugt, wenn das Herz aus seinen Verbindungen mit dem centralen Nervensysteme losgelöst ist, stehen die Angaben von den Gebrüdern Cyon[1] und die bereits erwähnten von Bezold und Stezinsky gegenüber.

A. u. E. Cyon geben an, „dass sie in der überwiegenden Mehrzahl der mit Zuklemmen der Aorta angestellten Versuche, bei Erhöhung des Druckes eine Beschleunigung, in selteneren Fällen eine Verlangsamung oder wenigstens ein Gleichbleiben der Schlagfolge des Herzens beobachtet haben.“ Die betreffenden Versuche der Gebrüder Cyon sind von besonderem Gewichte, weil bei denselben die Aorten-Compression von der Bauchhöhle aus, also ohne Blosslegen des Herzens erfolgte, und weil die Zählung der Herzschläge nach den Aufzeichnungen am Kymographion vorgenommen wurde. Bei näherer Durchsicht der in dem Versuchsprotokolle (p. 414—416) aufgeführten Versuche, bei denen Aorten-Compression an Versuchsthieren vorgenommen wurde, denen vorher das Halsmark und die Halsnerven durchschnitten worden waren (Versuch III—VIII), finden wir aber, dass wenigstens für diese Versuche die Angabe, „dass in der Mehrzahl der mit Zuklemmen der Aorta angestellten Versuche bei Erhöhung des Druckes eine Beschleunigung des Herzschlages beobachtet wurde,“ nicht begründet ist.

Vergleichen wir die bei Aorten-Compression notirten Pulszahlen, wie es bei den in Folge mannigfacher Eingriffe während der Versuchsdauer sehr wechselnden Zahlen wohl am nächsten liegt, mit der nach Durchschneidung des Rückenmarkes und der Halsnerven ursprünglich notirten Zahl, so stellt sich in den hier in Betracht kommenden Versuchen III, IV, VI, VII, VIII immer

[1] A. und E. Cyon. Über die Innervation des Herzens vom Rückenmarke aus. Archiv für Anatomie und Physiologie. 1867, p. 399.

eine beträchtliche Verlangsamung, in Versuch V ein Gleichbleiben der Herzschläge heraus. Wählen wir aber zum Vergleiche die letzten vor der Aorten-Compression notirten Zahlen, welche zur Zeit des Fernhaltens aller Eingriffe beobachtet wurden, so ergibt sich für Versuch IV und VI eine ganz unbedeutende Verlangsamung (3 und 1 Schläge in 15 Secunden), für V und VII eine Beschleunigung, für VIII ein Gleichbleiben der Herzschläge. In Versuch III ergibt sich einmal ein Gleichbleiben und einmal eine sehr geringe Beschleunigung (4 Schläge in 15 Secunden), die aber sehr wohl durch die Nachwirkung einer, der Aorten-Compression unmittelbar vorhergehenden Rückenmarksreizung bedingt sein kann.

Auf alle Fälle kann also auch hieraus nicht gefolgert werden, dass Aorten-Compression und die hiedurch bedingte Steigerung des intracardialen Druckes in der Mehrzahl der Fälle Beschleunigung des Herzschlages zur Folge habe, und ich finde bei einem Vergleiche der Pulszahlen in dieser letzteren Weise, in den von den Gebrüdern Cyon mitgetheilten Versuchen weit eher eine Bestätigung meiner eigenen Experimente, als einen Gegensatz zu denselben.

Anders verhält sich die Sache mit den von Bezold und Stezinsky mitgetheilten Versuchen. Hier constatiren die Versuchsprotokolle in der That, abgesehen von zwei Fällen, in denen eine sehr hochgradige Steigerung des Blutdruckes Verlangsamung des vorher beschleunigten Herzschlages zur Folge hatte, eine regelmässige, und sofort mit der Steigerung des Blutdruckes eintretende bedeutende Beschleunigung des Herzschlages.

Über die Bedingungen, durch welche dieser Widerspruch in den Versuchsresultaten von Bezold gegenüber den meinen hervorgerufen wurde, vermag ich keinen sicheren Aufschluss zu geben. Die Drucksteigerungen waren bei Bezold im Ganzen durchaus nicht wesentlich höher als bei meinen Versuchen. In der Versuchsreihe, wo die Drucksteigerung durch Heben des Hinterkörpers herbeigeführt wurde, sind bei Bezold sogar äusserst geringe Drucksteigerungen mit bedeutender Beschleunigung des Herzschlages verknüpft.

Nicht unwahrscheinlich ist es mir, dass die Bedingungen jenes Widerspruches in den von Bezold gewählten Versuchsmethoden

zu suchen seien, denen gegenüber ich einige Bedenken nicht zu unterdrücken vermag. Einmal scheint mir die Methode, die Herzschläge nach den Schwingungen einer in das Herz eingestossenen Middeldorpf'schen Nadel, oder mittelst des Hörrohres zu zählen, bei einer Pulsfrequenz von 168 bis 232 Schlägen in der Minute, überhaupt keine ausreichende Sicherheit zu bieten. Treten aber bei so schnellem Herzschlage mit der Steigerung des Blutdruckes die, von Bezold und Stezinsky gar nicht erwähnten Unregelmässigkeiten des Herzschlages ein, so wird ein zuverlässiges Zählen ganz unmöglich. Weiter scheint mir aber auch die Art und Weise, wie Bezold in seinen Versuchen die Steigerung des intracardialen Druckes hervorgerufen hat, nicht von dem Vorwurfe frei, dass durch dieselbe gleichzeitig andere Verhältnisse herbeigeführt wurden, welche von Einfluss auf den Herzschlag gewesen sein können.

So können bei dem Heben des Hinterkörpers der Versuchsthiere, neben der Anfüllung des Herzens mit Blut, mancherlei Veränderungen in den räumlichen Verhältnissen der Brust- und Bauchhöhle, und Lageveränderungen der in diesen enthaltenen Eingeweide herbeigeführt worden sein, welche möglicherweise den Herzschlag beeinflussen können, wenn sie dies auch nicht immer thun müssen, wie aus meinen Versuchen hervorgeht. Die Compression der Brustaorta ist mit Blosslegen des Herzens, ja wahrscheinlich auch mit mannigfacher Berührung und Zerrung desselben verknüpft. Berührung und Zerrung des Herzens erweisen sich aber in der That von wesentlichem Einflusse auf die Bewegung desselben.

Was endlich jene Versuche betrifft, bei denen der Blutdruck durch Injection von defibrinirtem Blute in eine Carotis erhöht wurde, so muss wohl angesichts der, wenn auch geringen Beschleunigung, in dem mit einer Blutdrucksteigerung nicht verknüpften Controlversuche (Versuch VII, p. 204 l. c.), dann der beträchtlicheren Beschleunigung, welche sich einmal unmittelbar nach einer Injection bei gleichzeitig gesunkenem Blutdrucke verzeichnet findet (p. 205, Versuch VIII), die Frage offen gelassen werden, ob eine etwaige Beschleunigung des Herzschlages bei solchen Injectionsversuchen der Steigerung des intracardialen Druckes zugeschrieben werden dürfte.

Und so muss ich denn sowohl den Angab
Cyon als denen von Bezold und Stezinsk
Behauptung aufrecht erhalten, dass Steigerung
len Druckes, abgesehen von zeitweilig auftreten
sigkeiten direct keinerlei Änderung in der Schl
zens hervorbringt, wenn dieses aus seinen V
dem centralen Nervensysteme losgelöst ist.

In dem Umstande, dass bei meinen Versu
rung des Blutdruckes durch Compression der
regelmässige, allmälig zunehmende, im Ganzen
Verlangsamung des Herzschlages zur Beoba
wenn der Einfluss des Gehirnes oder der *Medul*
des Halsmarkes auf das Herz nicht aufgehoben
here Angaben über die Einwirkung des Blutdruck
schlag in einem gewissen Sinne eine Bestäti
nämlich die Einschränkung machen, dass die
langsamung nicht durch die Einwirkung des intrac
auf das Herz, sondern durch die Einwirkung
rung selbst, oder der die Drucksteigerung bed
tion, auf das mit dem Herzen in Verbindung
oder Rückenmark hervorgerufen wurde.

Ich habe hiebei besonders die Angaben v
von Pokrowsky[2] im Sinne.

Dass mit der Steigerung des Blutdrucke
des Vagus, und demzufolge, wenn dieser Nerv n
ten ist, eine Verlangsamung des Herzschlages e
von mehreren Seiten her constatirt. Ich beziehe
Bernstein[3], Asp[4] und A. B. Meyer[5].

---

[1] Physiologie médicale de la circulation du sang
u. ff.

[2] Über das Wesen der Kohlenoxydvergiftung. A
und Reichert. 1866. Heft I, p. 59 u. ff.

[3] Zur Innervation des Herzens. Centralblatt für
schaften. 1867. Nr. 1.

[4] Beobachtungen über Gefässnerven. Berichte
Gesellsch. d. Wissensch. zu Leipzig 1867, p. 131 u. ff.

[5] Untersuchungen aus dem physiologischen
Züricher Hochschule. Wien 1869, p. 75.

Ich habe aber dagegen nirgends Erwähnung des Umstandes gefunden, dass bei Compression der Bauchaorta und bei Reizung eines *N. splanchnicus* eine ganz ähnliche, regelmässige und allmälig sich ausbildende, immer aber nur ganz mässige Verlangsamung auch dann eintritt, wenn wohl die *Vagi*, ja auch die *Sympathici* und *Depressores* durchschnitten sind, der Einfluss der *Medulla oblongata* und des Halsmarkes auf die Herzbewegung aber, durch Durchschneidung des Halsmarkes vorher n i c h t aufgehoben wurde.

Es ist ersichtlich, dass in Folge dieses Umstandes auch erst jene Versuche über die Erregung des Vagus bei Aorten-Compression beweisende Kraft gewinnen, bei denen das Rückenmark vorher durchschnitten worden war.

Über die Ursache dieser Erscheinung vermag ich vorläufig keinen genügenden Aufschluss zu geben. Wir wissen seit den Untersuchungen von Bezold und von den Gebrüdern Cyon, dass im Halsmarke Fasern verlaufen, deren Durchtrennung eine Verlangsamung, und deren Erregung eine Beschleunigung des durch die vorhergehende Rückenmarkdurchschneidung verlangsamten Herzschlages zur Folge hat, und ich werde bei anderer Gelegenheit über eine Reihe von Versuchen zu berichten haben, welche eine Bestätigung dieser Thatsache, innerhalb der durch die eben gebrauchte Fassung gegebenen Umgrenzung liefern.

Es liegt demnach wohl am nächsten, die durch das Rückenmark vermittelte Verlangsamung des Herzschlages bei Aorten-Compression und Splanchnicus-Reizung, auf eine Verminderung des Tonus jener Fasern zurückzuführen. Es lässt sich aber durchaus nicht entscheiden, ob wir die Blutdrucksteigerung selbst, oder irgend eine Nebenwirkung der Bauchaorten-Compression oder der Splanchnicus-Reizung als die Bedingung dieser Tonus-Verminderung zu betrachten haben. So könnte beispielsweise die durch die Aorten-Compression oder die Splanchnicus-Reizung verursachte Anämie der Baucheingeweide, bei intactem Rückenmarke, zu einer reflectorischen Erregung des vasomotorischen Nervensystemes führen, welche ihrerseits wieder den Blutlauf sowohl in der *Medulla oblongata* als im Herzen wesentlich alteriren könnte.

Blutdruckes eintretenden Erscheinungen von Seite des Herzschlages eingeleitet werden, verschiedene sind, indem die Verlangsamung nur unter Vermittlung des centralen Nervensystemes, die Unregelmässigkeiten aber auch bei gänzlicher Loslösung des Herzens vom centralen Nervensysteme zur Beobachtung gelangen.

Es erhebt sich nun die Frage, auf welches der motorischen Gebilde des Herzens die Blutdrucksteigerung einwirkt, indem sie die bekannten Unregelmässigkeiten des Herzschlages hervorruft. Da jene Unregelmässigkeiten nach den durch das Quecksilbermanometer gegebenen Zeichnungen zu einem Theile den bei Vagusreizung zu beobachtenden, stark verlangsamten Herzschlägen sehr ähnelten, zum anderen Theile aber in der Form des *Pulsus bigeminus* auftraten, welchen dessen Entdecker Traube als Folgeerscheinung der Erregung des cardialen Theiles des Hemmungsnervensystemes des Herzens auffasst, so lag es am nächsten anzunehmen, dass durch die Steigerung des intracardialen Druckes eine sich nur unregelmässig äussernde Erregung der Hemmungsvorrichtungen im Herzen herbeigeführt werde.

Ein gutes Mittel, diese Ansicht einer näheren Prüfung zu unterziehen, schien sich in der Anwendung des Atropin zu bieten Nach den Untersuchungen von Bezold und Schmiedeberg lähmt das Atropin den Hemmungsapparat des Herzens. Wenn die Blutdrucksteigerung jene Unregelmässigkeiten des Herzschlages durch Erregung dieses Hemmungsapparates herbeiführt, mussten dieselben nach Atropinvergiftung ausbleiben. Bei einigen Versuchen, in denen zu diesem Zwecke Atropin in das Gefässsystem injicirt wurde, stellte sich heraus, dass selbst bei Anwendung stärkerer Dosen dieses Giftes nur eine kurzandauernde Lähmung der Hemmungsapparate des Herzens zu erzielen ist, und dass manchmal, während die elektrische Erregung des einen Vagus sich noch als ganz ohne Einfluss auf die Herzbewegung erweist, von dem anderen Vagus aus bereits deutliche Verlangsamung erzielt werden kann, was in Einklang ist mit dem schon oben erwähnten Vorkommen einer ungleichen Wirksamkeit beider Vagi.

Es war unter diesen Umständen geboten, mit grösster Vorsicht vorzugehen, um nicht aus dem Eintritte von Unregelmässigkeiten des Herzschlages nach Atropininjection einen irrigen

der *Nn. splanchnici* durch Reizung der Nasenschleimhaut nichts weiter zu erzielen, als eine, wenige Mm. (4—12 Mm.) betragende, die Erregung des vasomotorischen Nervensystemes anzeigende Drucksteigerung, und eine ganz unbedeutende Verlangsamung des Herzschlages (0·25 Schläge pro Secunde, Versuch XII).

Die letztere Thatsache, dass nämlich nach Durchschneidung der *Nn. splanchnici*, trotz des Ausbleibens einer irgend erheblichen Blutdrucksteigerung eine, wenn auch sehr geringe Verlangsamung des Herzschlages zur Beobachtung gelangte, zusammengehalten mit jenem im §. 2 erwähnten Falle, in welchem Reizung der Nasenschleimhaut zwar keine Unregelmässigkeiten, aber eine deutliche Verlangsamung des Herzschlages zur Folge hatte, wenn durch Abklemmen der Bauchaorta der Eintritt einer irgend erheblicheren weiteren Steigerung des Blutdruckes verhindert war (Versuch XI), nöthigt uns zu der Annahme, dass die auf reflectorische Erregung des vasomotorischen Nervencentrums eintretende mässige Verlangsamung des regelmässigen Herzschlages, zum Theile wenigstens, auf Rechnung eines anderen Factors als die Steigerung des intracardialen Druckes zu setzen ist.

Ob aber die Steigerung des intracardialen Druckes bei der, in Folge reflectorischer Erregung des vasomotorischen Nervencentrums bei intactem Rückenmarke eintretenden mässigen Verlangsamung des Herzschlages überhaupt eine Rolle spielt, muss unentschieden bleiben, weil die bei der Aorten-Compression und Splanchnicus-Reizung zu Tage tretende Verlangsamung des Herzschlages, wie im vorhergehenden Paragraphe erörtert wurde, keine sichere Deutung zulässt.

§. 8. Die auf Blutdrucksteigerung eintretenden Unregelmässigkeiten des Herzschlages kommen auch nach Lähmung der Hemmungsnerven durch Atropin zum Vorschein. Es erweist sich, dass sie in einem mannigfaltigen Wechsel zwischen kräftigen, abortiven und vorzeitig eintretenden Herzschlägen bestehen.

Aus dem früher Mitgetheilten wurde ersichtlich, dass die Angriffspunkte, von denen aus die beiden auf Steigerung des

heraus, dass bei stärkerer Steigerung des intrac
die Elevationen des Schwimmers sehr ungleic
Zunächst macht sich eine Zunahme der einze
bemerkbar, dann kommen einzelne auffallend l
zwischen den grossen zum Vorschein, und nun v
und kleinere Elevationen mit einander beständ
einen auffallend schwachen — abortiven — Her
stärkere Senkung der Pulscurve herbeigeführt
treten dann die mannigfaltigsten Hebungen und
und unter der sonst regelmässig verlaufenden Pu
welche zum Theile durch auffallend schwache l
Theile durch sehr kräftige Ventrikelcontract
Theile endlich durch ein vorzeitiges Eintreten
bedingt sind (Tafel IV, Curve I, 1. und 2. Hälft

Sehr kräftige Erhebungen, welche durch
tionen von grosser Energie bedingt sein müss
auffallend tiefen Senkungen ab, in welchen of
selbst zwei ganz schwache Herzschläge noch m
deutlich verzeichnet sind, öfter aber auch alle
zwischenliegenden Ventrikelcontractionen fehl
folgt auf eine recht starke Elevation kurz nacl
sinkens von ihrem Gipfel eine neue kleine Eleva
geminus. Manchmal kömmt in dem absteigende
Pulswelle kurz nach dem zweiten Gipfel noch
Elevation zum Vorschein — *Pulsus trigeminus* (

Die beiden letzterwähnten Unregelmässig
curve, der *Pulsus bigeminus* und *trigeminus*, si
ein vorzeitiges Eintreten neuer Systolen beding
während der vorhergehenden kräftigen Systol
durch eine entsprechende Diastole sich gehörig
vermochte.

Der Umstand aber, dass der *Pulsus bigemin*
den Zeitwerth von zwei, beziehungsweise drei de
oder nachfolgenden regelmässigen und nich
Herzschläge besitzen, beweist, dass wir in di
etwa die Wirkung eines den Herzschlag l
Momentes, sondern nur den Ausdruck eine
ungleichmässigen Arbeit des Herzens zu erblick

Traube stützt seine Hypothese, dass der *Pulsus bigeminus* Ausdruck der Erregung des cardialen Theiles des Hemmungsnervensystemes des Herzens sei, vorzugsweise darauf, dass diese Pulsform immer dann eintritt, wenn man bei der Einwirkung von Giften, welche das Hemmungsnervensystem stark erregen, zur Zeit der stärksten Pulsverlangsmung beide Vagi durchschneidet.

Diese Erscheinung findet aber nach dem über die Wirkung intracardialer Drucksteigerung von mir Mitgetheilten eine ausreichende Erklärung in der starken Blutdrucksteigerung, welche durch die Durchschneidung der erregten Vagi herbeigeführt wird. Auch müsste sich die Erregung des cardialen Theiles des Hemmungsnervensystemes des Herzens wohl in einer Verlängerung der Diastole und einer Verzögerung der Systole, und nicht in einer Unterbrechung der Diastole durch eine vorzeitige Systole äussern.

Nach der Traube'schen Hypothese würde es auch unerklärt bleiben, warum der *Pulsus bigeminus*, wie Traube doch selbst hervorhebt, ausbleibt, wenn man jene das Hemmungsnervensystem erregenden Gifte erst nach Durchschneidung der Vagi in Anwendung bringt, während dieser Vorgang sich dagegen ganz gut in die oben gegebene Erklärung einfügt.

Noch deutlicher als bei Anwendung des Quecksilbermanometers und schnell rotirender Trommel stellte es sich bei Verwendung des Fick'schen Federmanometers heraus, dass die in Rede stehenden Unregelmässigkeiten auf die ungleiche Kraft der einzelnen Herzschläge, beziehungsweise auf abortive Schläge zurückzuführen seien. Mit der Zunahme des intracardialen Druckes trat regelmässig zunächst eine Zunahme der Höhe der einzelnen Pulswellen auf. Dann sah man zuerst einzelne Schläge schwächer werden, bis ein ganz schwacher, einer vollständigen Diastole nachfolgender Schlag zu einer starken Senkung der Pulscurve führte, in welcher aber jener abortive Schlag, oder wo zwei solche abortive Schläge aufeinanderfolgten, beide abortive Schläge gewöhnlich noch sehr deutlich verzeichnet waren (Tafel III, Curve II, III und IV).

Trat ein neuer Herzschlag kurz nach Beginn der Diastole eines kräftigen Herzschlages auf, so wurde auch hier ein *Pulsus bigeminus* verzeichnet. Der zweite Gipfel dieses *Pulsus bigemi-*

nus, welcher durchaus nicht mit dem wirklichen oder scheinbaren *Pulsus dicrotus* verwechselt werden darf, erschien jedoch hiebei wesentlich niedriger als der erste, und es kam diese zweite Erhebung auf den verschiedensten Punkten des diastolischen Schenkels der ganzen Pulswelle zum Vorschein, so dass alle Übergänge von dem *Pulsus bigeminus* mit zwei kleinen Spitzen auf dem Wellengipfel bis zu zwei auf einer Horizontalen neben einander stehenden Pulswellen verzeichnet wurden.

Nicht selten kamen auch zweigipflige Pulswellen zur Beobachtung, welche drei Herzschlägen entsprachen, und dadurch entstanden waren, dass die Diastole des zweiten Schlages des *Pulsus bigeminus* durch einen Abortiv-Schlag unterbrochen wurde, der in dem absteigenden Schenkel der Pulszeichnung nicht mehr ausgeprägt erschien (Tafel III, Curve V).

Zweischlag und Dreischlag des Herzens fanden sich manchmal über grosse Curvenstücke hin in ununterbrochener Reihenfolge verzeichnet.

So sehen wir denn, dass das Anwachsen der Widerstände für die Blutbewegung zu einer ungleichmässigen Arbeit des Herzens führt. Auf kräftige Herzschläge, die Pulswellen erzeugen welche höher sind als die bei gewöhnlichen Widerständen verzeichneten, folgen ganz schwache Contractionen, welche nur eine ganz geringe Menge von Flüssigkeit in das Gefässsystem zu werfen vermögen, und durch Instrumente, welche die Bewegung der Blutmasse im Gefässrohre nicht mit der nöthigen Feinheit wiedergeben können, gar nicht, oder nur ganz undeutlich verzeichnet werden.

Neben dieser Änderung in der Kraft oder Ausgiebigkeit der einzelnen Herzschläge erzeugt aber das Anwachsen des intracardialen Druckes auch noch eine Änderung in dem Rhythmus derselben, und wir sehen neue Ventrikelcontractionen eintreten, ehe noch die Diastole in einer der vorhergehenden Systole entsprechenden Weise sich entfalten konnte.

Wenn wir nun auch aus dem Vorhergehenden ersehen haben, dass die Ursachen der bei Blutdrucksteigerung eintretenden Unregelmässigkeiten des Herzschlages im Herzen selbst zu suchen sind, wenn wir weiter auch das ersehen haben, dass die Hem-

mungsapparate des Herzens an der Auslösung dieser Erscheinung nicht betheiligt sind, so haben wir damit doch keineswegs schon eine erschöpfende Kenntniss der Grundbedingungen dieser Unregelmässigkeiten erlangt. Es muss auch wohl zunächst ganz unentschieden bleiben, ob wir in dieser Erscheinung den Ausdruck einer Einwirkung auf die Muskelfasern oder auf motorische Nervenapparate des Herzens zu suchen haben.

Dafür aber, dass wir in jenen Eigenthümlichkeiten des Herzschlages bei Steigerung des intracardialen Druckes den Ausdruck einer stärkeren Erregung des Herzens erblicken müssen, spricht der Umstand, dass ganz dieselben Erscheinungen von Seite des Herzschlages eintreten, wenn das Herz direct mechanisch, oder mit ganz schwachen Inductionsströmen elektrisch gereizt wird — ein Gegenstand, über den wohl demnächst von anderer Seite her, durch welche ich selbst erst genauere Kenntniss von diesem Verhalten des Herzens erhielt, ausführlichere Mittheilungen erfolgen werden.

Auch das Auftreten ganz ähnlicher Unregelmässigkeiten bei der Digitalisvergiftung, durch welche doch nach neueren Untersuchungen[1] die Erregbarkeit des Herzens gesteigert wird, lässt sich zur Unterstützung jener Ansicht anführen. Allerdings müsste aber mit Bezug auf letzteren Punkt noch näher ermittelt werden, wie viel von jenen Unregelmässigkeiten des Herzschlages bei der Digitalisvergiftung auf Rechnung der bei mässiger Vergiftung eintretenden ansehnlichen Steigerung des Blutdruckes, und wie viel auf Rechnung der erwähnten specifischen Wirkung auf den Herzmuskel zu setzen ist.

Als eine eigenthümliche Erscheinung muss ich es schliesslich noch einmal hervorheben, dass das Herz in einer, wenn ich mich dieses Ausdruckes bedienen darf, scheinbar capriciösen Weise auf die Blutdrucksteigerung reagirt. Nicht die Grösse der Drucksteigerung, nicht die in der Steigerung erreichte absolute Höhe des Blutdruckes allein ist massgebend, und ganz dieselben Verhältnisse des Blutdruckes, welche unmittelbar vorher und

[1] Böhm. Untersuchungen über die physiologische Wirkung des Digitalin und der Digitalis. Archiv für die gesammte Physiologie. V. Band, 4. u. 5. Heft.

nachher zu den ausgesprochensten Unregelm
haben, bleiben manchmal wieder ganz ohne
Herzschlag. Unwillkürlich fühlt man sich da
Verhalten durch einen Wechsel in der Erregb
zu erklären, der auf einer wechselnden Blut
gefässe beruhen könnte. Dass übrigens jene
zens auf Blutdrucksteigerung im allgemeinen
dauer abnimmt, stimmt mit unseren Erfahrun
ken der Erregbarkeit des Herzens bei länge
Experimentes überein.

Kehren wir aber nun zu dem Ausgangs
wägungen zurück, und fragen wir uns, welch
Bedingungen der an dem Menschen zur Beob
den Unregelmässigkeiten des Herzschlages wi
besprochene Versuchsreihe gewonnen haben, s
Folgendes heraus: Die Unregelmässigkeiten
welche wir am Thiere beobachteten, haben de
wie der weitaus überwiegende Theil jener Un
welchen wir beim Menschen begegnen.

Ein bunter Wechsel von starken und sch
Verbindung zweier oder dreier Herzschläge
oder Dreischlage *(Pulsus coturnisans)*, ein ze
bares Aussetzen eines oder mehrerer Herzsc
Wirklichkeit auf dem Eintritte von insufficiente
schlägen beruht, welche an der *Arteria radia*
Pulswelle erzeugen *(Pulsus intermittens)*, —
figsten Unregelmässigkeiten des Herzschlages,
zur Beobachtung kommen. Weit seltener schon
Ausfallen einer Systole *(Pulsus deficiens)* zu c

Wenn wir nun sehen, dass beim Thiere d
sigkeiten auftreten, wenn durch die Einführung
Widerständen für den Kreislauf, gesteigerte
die Leistungsfähigkeit des Herzens selbst gestel
es wohl sehr nahe anzunehmen, dass die gleiche
in vielen Fällen wenigstens, beim Menschen gl
Ausdruck gesteigerter Anforderungen an die L
des Herzens bilden.

Es erklärt sich damit, warum wir dieser Erscheinung vorzugsweise dann begegnen, wenn durch Klappenfehler des Herzens, durch hochgradiges Atherom der grossen Gefässe, oder durch Erkrankung der Muskulatur des Herzens selbst, gewisse Hindernisse für die Blutbewegung dauernd gegeben sind. Es erklärt sich aber auch, warum bei denselben Affectionen der Kreislauforgane jene Unregelmässigkeiten manchmal vollständig fehlen. Ihr Eintritt wird eben durch das Hinzutreten weiterer Kreislaufwiderstände bedingt, welche ausserhalb des Herzens und der grossen Gefässe liegen, und durchaus nicht in allen Fällen auftreten müssen, in denen jene Affectionen der Kreislaufsorgane sich finden.

Anderseits wird uns aber auch das Auftreten schnell vorübergehender Unregelmässigkeiten bei Individuen, bei denen keinerlei Zeichen einer materiellen Störung der Kreislauforgane aufzufinden ist, erklärlich, wenn wir sehen, dass bei Thieren von verschiedenen sensiblen Gebieten aus durch mannigfaltige Reize eine kräftige, zu Unregelmässigkeiten führende Erregung des vasomotorischen Centrums herbeigeführt werden kann. Ist diese Erregung des vasomotorischen Centrums, und in Folge dessen die Contraction der kleinen Arterien, die Anfüllung des Herzens mit Blut und die ungleichmässige Herzarbeit eine länger anhaltende, so kann hiemit der ganze Symptomencomplex herbeigeführt werden, den gewisse Formen der *Angina pectoris* bieten, bei denen keinerlei materielle Störungen in den Kreislauforganen aufzufinden sind — nämlich Kleinwerden des Radialpulses, Blass- und Kühlwerden der Haut, heftiger Schmerz in der Herzgegend und Wechsel zwischen kräftigen und insufficienten Herzschlägen.

Es ist denn auch ein solcher Zusammenhang von derlei Anfällen von *Angina pectoris* mit einer starken vasomotorischen Erregung, der hiemit experimentelle Grundlagen gewonnen hat, schon von anderer Seite her vermuthet worden. So folgert Nothnagel[1] einen solchen Zusammenhang aus der Reihenfolge der Erscheinungen, welche er bei einer Anzahl von Anfällen dieser

---

[1] Angina pectoris vasomotoria. Deutsches Archiv für klinische Medicin. III. Band, 4. Heft.

Krankheit zu beobachten vermochte, und aus de
sich zur Abkürzung dieser Anfälle als wirksam

T. Lauder Brunton[1] zog aus den Ergel
graphischer Untersuchungen in einem schweren
pectoris den Schluss, dass die einzelnen Anfäl
deutende Zunahme der arteriellen Spannung be
chen des Nachlasses dieser Spannung, welche
ständigen Nachlasse aller übrigen Erscheinunge
toris nach Einathmung von salpetrigsaurem Am
gaben Anlass zur Vermuthung, dass die Wirku
in einer Verminderung der arteriellen Spannung

Versuche an Kaninchen lehrten denn auch,
sung eines Gemisches von atmosphärischer Lu
saurem Amyloxyd ein bedeutendes Absinken
eintritt, welches Lauder Brunton als eine Fo
baren Einwirkung des Giftes auf die Gefässwän

Die der vorliegenden Abhandlung zu Grun
perimente hatten im Jahre 1871 zu Ende des
vollständigen Abschluss gefunden.

Es ist seitdem (im Februar 1872) eine
Heidenhain über arhythmische Herzthätigke
welcher das Auftreten von Unregelmässigkeiten
bei Reizung der ***Medulla oblongata*** von Hun
wird. Heidenhain sucht die Ursache diese
keiten, welche ganz denselben Charakter habe
vorliegenden Blättern geschilderten, in der mit
Medulla oblongata verknüpften bedeutenden St
tracardialen Druckes und einer hiedurch beding
intracardialen Hemmungsapparates.

Obwohl mit Heidenhain insoweit in Übe
ich ebenfalls die Steigerung des intracardialen
sache der darauffolgenden unregelmässigen Th

[1] On the use of nitrite of amyl in angina pe
27. July, p. 97.

[2] Arbeiten aus der physiologischen Anstalt zu

zens ansehen muss, vermag ich mich doch seiner Beweisführung nicht anzuschliessen.

Heidenhain schliesst auf einen Causalnexus zwischen Blutdrucksteigerung und Unregelmässigkeit des Herzschlages daraus, dass diese Unregelmässigkeit meistens nur bei sehr bedeutenden, durch eine sehr kräftige Erregung der *Medulla oblongata* herbeigeführten Blutdrucksteigerungen auftritt. Nachdem aber mit der Reizung der *Medulla oblongata* eine Erregung der den Herzschlag beeinflussenden Rückenmarksfasern verknüpft ist, so hätte, um auszuschliessen, dass die Unregelmässigkeiten des Herzschlages nicht etwa durch jenen Nebeneffect der Reizung der *Medulla oblongata* bedingt seien, wenigstens der Nachweis beigebracht werden müssen, dass diese Erscheinung auch bei intensivster Reizung des verlängerten Markes ausbleibt, wenn durch vorhergehende Durchschneidung der *Nervi splanchnici* das Eintreten einer stärkeren Blutdrucksteigerung verhindert wird.

Dass Heidenhain jene Unregelmässigkeiten aus einer Erregung des intracardialen Hemmungsapparates erklärt, ist darauf zurückzuführen, dass er sich des Fick'schen Federmanometers nicht bedienen konnte, weil sein Instrument den bedeutenden Änderungen des Druckes bei seinen Versuchen nicht zu folgen vermochte.

Von den beiden nachfolgenden Tabellen enthält die erste die bei Anwendung des Quecksilbermanometers, die zweite die bei Anwendung des Federmanometers angestellten Versuche. Unter der Bezeichnung Halsnerven sind auch hier die in der vorderen Halsgegend verlaufenden *Nn. vagi, sympathici* und *depressores* zu verstehen.

Das Auftreten der beschriebenen Unregelmässigkeiten des Herzschlages ist durch ein Pluszeichen bezeichnet.

Eingetretene Beschleunigung des Herzschlages ist in der Rubrik „Verlangsamung“ mit dem Zahlenwerthe und dem Minuszeichen eingetragen.

Die Zahlenwerthe für die Pulszahlen und die im Verlaufe der Versuche eintretenden Veränderungen dieser gelten für die Secunde.

T

Versuchs-Zahl	Versuchs-Thier	Vor-Operationen	Pulszahl bei Versuchs-Beginn	Blutdruck b. Versuchs-Beginn	Spontane Unregelmässigkeiten	Ort des Eingriffes
I	Gross. Kaninch.	Halsnerven durchschnitten, Curara.		164	+	— Nase „
II	Mässig grosses Kaninchen.	Halsnerven durch, Curara.	5	139		Nase „ „ *Nervus dor* *lis pedis*
III	Gross. Kaninch.	Halsnerven durch, Curara.	4	210	+	Nase „ „ „ „ „
IV	Gross. Kaninch.	Halsnerven frei präparirt, kein Curara, natürl. Athmung.	4·33	148	+	Nase „ — Nase Halsnerven beiderseits Nase „ Auge Nase
V	Gross. Kaninch.	Halsnerven durch, *Ganglion stellatum* beiderseits exstirpirt, Curara.	4·25	144		— — Nase „ „
VI	Gross. Kaninch.	Halsnerven u. *Gangl. stellat.* beiderseits frei präpar., Curara.	3·37	92		Halsnerven rechts Halsn. links Nase Beide *G. st*

belle I.

Art des Eingriffes	Blutdrucksteigerung	Verlangsamung in der Secunde	Unregelmässigkeiten	Besondere Bemerkungen
—	von 168 auf 200	—	+	Spontan.
Rauch	„ 144 „ 206	—	+	
mechanisch	„ 142 „ 188	—	+	Wegen schlechter Markirung der Zeit musste die Zählung der Pulsschläge vernachlässigt werden.
Chloroform	„ 138 „ 224	0·62	+	
„	„ 146 „ 228	0·75	+	
Rauch	„ 130 „ 224	0·50	+*	* Der Blutdruck war von da ab dauernd hoch geblieben, es waren sehr lang intercurrente Unregelmässigkeit. zu beobachten.
elektrisch	„ 202 „ 218	—	+	
Chloroform	„ 130 „ 146	0·42	—	
mechanisch	„ 126 „ 156	0·33	+	
„	„ 124 „ 156	0·60	+	
„	„ 132 „ 154	0·12	—	
Rauch	„ 128 „ 164	0·30	+	
„	„ 128 „ 160	0·20	+	
Chloroform	„ 116 „ 192	0·33	+	
„	„ 102 „ 160	—	+	
Curara-Inject.	„ 124 „ 146	—	—	
Rauch	„ 146 „ 208	—	+	
durchschnitten	—	—0·50	—	
Rauch	„ 130 „ 180	—	+	
„	„ 146 „ 186	0·20	+	
Chloroform	„ 126 „ 184	—	+	
Rauch	„ 108 „ 186	—	+	
—	„ 130 „ 202	—	+	Spontan.
—	„ 154 „ 216	—	+	„
Rauch	„ 150 „ 174	—	+	
„	„ 116 „ 142	0·25	—	
„	„ 114 „ 158	—	—	
durchschnitten	„ 92 „ 184	—0·12	+	
„	—	—0·50	—	
Rauch	„ 100 „ 124	—	—	
elektr. gereizt	—	—	—	

Versuchs-Zahl	Versuchs-Thier	Vor-Operationen	Pulszahl bei Versuchs-Beginn	Blutdruck b. Versuchs-
VII	Gross. Kaninch.	Halsnerven durch, *Gangl. stellat.* beiderseits exstirpirt, Curara.	5	184
VIII	Gross. Kaninch.	Halsnerven blossgelegt, Curara.	4·17	118
IX	Gross. Kaninch.	Halsnerven durchschnitten, kein Curara, keine künstl. Respiration.	4	122

des Eingriffes	Blutdruck-steigerung	Verlangsamung in der Secunde	Unregelmässigkeiten	Besondere Bemerkungen
oroform	von 108 auf 176	—	—	
ch	„ 128 „ 184	1·00	—	
deraufnah- der Ventila- n nach län- rem Ausset- ı derselben	„ 124 „ 198	—	+	
ch	„ 120 „ 168	0·25	—	
—	„ 118 „ 142	—	+	Spontan
—	„ 118 „ 140	—	+	„
—	„ 102 „ 154	0·25	+	„
—	„ 104 „ 146	—	—	„
—	„ 102 „ 148	0·25	+	„
—	„ 104 „ 150	—	+	„
—	„ 100 „ 152	—	+	„
trisch	„ 118 „ 168	—	+	—
„	„ 118 „ 166	—	+	—
hschnitten	„ 114 „ 156	—0·50	—	—
—	„ 110 „ 158	—	+	Spontan
—	„ 116 „ 148	—	—	„
—	„ 116 „ 156	—	—	„
—	„ 112 „ 158	—	—	„
—	„ 108 „ 158	—	+	„
—	„ 114 „ 154	—	—	„
—	„ 116 „ 152	—	+	„
—	„ 118 „ 148	—	+	„
ffnet	—	—	—	Blutdruck, hierauf von 118 auf 94 gesunken.
Fadenschlin- gehoben	„ 94 „ 142	—	+	Blutdruck hierauf auf 60 gesunken.
„	„ 80 „ 154	—	+	Blutdruck hierauf auf 54 gesunken.
Pincette mprimirt	„ 88 „ 158	0·44	+	Blutdruck hierauf auf 54 gesunken.
trisch	„ 80 „ 152	0·25	+	
tilation aus- setzt	„ 68 „ 146	—	+	
cetten-Com- ession	„ 66 „ 144	0·25	+	Blutdruck hierauf auf 46 gesunken.
Fadenschlin- gehoben	„ 68 „ 144	0·25	+	Blutdruck hierauf auf 36 gesunken.
oroform	„ 114 „ 142	0·66	—	
ıch	„ 112 „ 130	0·37	—	
„	„ 112 „ 140	—	+	
„	„ 112 „ 136	0·25	+	
gercompres- on	„ 84 „ 130	0·37	—	

Versuchs-Zahl	Versuchs-Thier	Vor - Operationen	Pulszahl b. Versuchs-Beginn	Blutdruck b. Versuchs-Beginn	Spontane Unregelmässigkeiten	Ort de Eingrif
						Bauchao
						"
						Nase
						"
						Bauchao
						Nase
						Bauchao
						"
						Nase
X	Gross. Kaninch.	Halsnerven blossgl., kein Curara, keine künstl. Respiration.	4·17	106		Halsnerv beiders
						Nase
						"
						"
						"
						"
						Bauchao
						"
XI	Gross. Kaninch.	Halsnerven blossgelegt, kein Curara, natürl. Respiration.	5·25	110		Halsnerv beiders
						Nase
						"
						"
						"
						"
						"
						Bauchao
						"
						"
						Nase
						"

Art des Eingriffes	Blutdrucksteigerung	Verlangsamung in der Secunde	Unregelmässigkeiten	Besondere Bemerkungen
Fingercompression	von 112 auf 132	0·42	+	
"	" 86 " 126	0·50	—	
Rauch	" 76 " 128	0·69	+	
"	" 86 " 140	0·83	+	
Fingercompress.	" 52 " 72	0·54	—	
Rauch	" 50 " 102	0·58	+	
Fingercompress.	" 66 " 124	0·75	+	
Pincetten-Compression	" 34 " 126	0·54	+	
Rauch	" 38 " 54	0·83	—	
durchschnitten	" 106 " 160	—0·46	+	
Chloroform	" 160 " 198	0·94	+	
Rauch	" 122 " 160	0·83	+	
"	" 156 " 176	—	+	
"	" 108 " 166	0·50	—	Vorher 2 Mgr. Atropin injicirt.
"	" 104 " 156	0·50	—	
Pincetten-Compression	" 100 " 186	0·50	+	
"	" 100 " 168	1·12	+	Blutdruck hierauf auf 46 abgesunken.
durchschnitten	" 110 " 156	—1·25	+	
Chloroform	" 126 " 162	0·25	+	
"	" 104 " 134	0·25	+	
"	" 92 " 130	0·50	+	
"	" 82 " 132	0·75	+	
"	" 96 " 138	0·50	—	
"	" 100 " 138	0·50	—	Vorher 6 Mgr. Atropin injicirt.
Pincetten-Compression	" 58 " 152	0·50	+	Vorher 6 Mgr. Atropin injicirt.
"	" 40 " 124	1·0	—	
"	" 62 " 140	0·75	+	Vorher 6 Mgr. Atropin injicirt.
Bei comprimirt. Aorta Rauchreizung	—	0·50	—	Bei comprimirt. Aorta u. unregelmässigem Herzschlage wird Atropin injicirt. Beide *N. vagi* erzeugen auch b. stärkster elektrisch. Reizung keine Verlangsamung des Herzschlages mehr, die Unregelmässigkeiten bestehen aber fort.
Bei comprimirt. Aorta Chloroformreizung	—	0·25	—	

Versuchs-Zahl	Versuchs-Thier	Vor - Operationen	Pulszahl b. Versuchs-Beginn	Blutdruck b.
XII	Gross. Kaninch.	Halsnerven durchschnitten, Curara. Link. Splanchnicus durchschnitten, um den recht. Splanchnicus ein Faden geschlungen.	4.75	1
XIII	Junger Hnnd	Opiumnarkose, Halsnerven blossgelegt, recht. Splanchnicus durchschnitten.	4	
XIV	Gross. Kaninch.	Halsnerven u. Halsmark (zwischen 4. u. 5. Wirbel) durchschnitten, kein Curara, künstliche Respiration.	2.5	
XV	Gross. Kaninch.	Halsnerven u. Halsmark (zwischen 4. u. 5. Wirbel) durchschnitten, kein Curara, künstliche Respiration.	3.25	

Art des Eingriffes	Blutdrucksteigerung	Verlangsamung in der Secunde	Unregelmässigkeiten	Besondere Bemerkungen
Ventilation ausgesetzt.	von 146 auf 170	0·25	+	
Abgebunden u. durchschnitten.	—	—	—	Blutdruck auf 46 abgesunken.
Chloroform	„ 44 „ 48	0·25	—	
Rauch	„ 44 „ 52	0·25	—	
„	„ 42 „ 54	0·25	—	
Ventilation nach längerem Aussetzen derselben wieder begonnen	„ 60 „ 88	—	+	
elektrisch	„ 32 „ 72	—	—	
„	„ 32 „ 78	0·12	—	
Pincetten-Compression	„ 88 „ 194	0·37	+	
„	„ 72 „ 154	0·25	—	
Pincett.-Compr.	„ 34 „ 114	—	—	
„	„ 28 „ 114	—	—	
„	„ 22 „ 134	—0·75	+	Nach längerer Compression treten Unregelmässigkeiten u. später Beschleunig. d. Herzschlages ein.
„	„ 26 „ 120	—1·0	+	Eintritt der Unregelmässigkeiten und der Beschleunigung in gleicher Weise.
„	„ 30 „ 128	—0·75	+	Ebenso.
„	„ 26 „ 110	—0·50	+	„
Rauch	—	—	—	
Pincetten-Compression	„ 24 „ 150	—0·75	+	Die Unregelmässigkeiten u. später die Beschleunigung d. Herzschlages treten erst nach längerer Dauer der Compression ein.
Aussetzen der Ventilation bei andauernder Aorten-Compression	„ 146 „ 168	—	+	
Lösung d. Compression	„ 36 „ 146	—	—	Kurz nach erreicht. Höhepunkte tritt allmäliges Absinken auf 48 ein.

Versuchs-Zahl	Versuchs-Thier	Vor - Operationon	Pulszahl b, Versuchs-Beginn	Blutdruck b. Versuchs-Beginn	Spontane Unregelmässigkeiten	Ort des Eingriffes
						Bauchaorta
						Bauchaorta
						Bauchaorta
						Nase
						„
						„
XVI	Gross. Kaninch.	Halsnerven u. Halsmark (zwischen 4. u. 5. Wirbel) durchschnitten, Curara.	3·37	32		Nase
						„
						Bauchaorta
						„
						Bauchaorta
XVII	Gross. Kaninch.	Halsnerven u. Halsmark (zwischen 3. u. 4. Wirbel) durchschnitten, Curara.	3·33	38		Bauchaorta
						Rückenmar
						Bauchaorta
						Rückenmar
						Bauchaorta
						Rückenmar

Art des Eingriffes	Blutdrucksteigerung	Verlangsamung in der Secunde	Unregelmässigkeiten	Besondere Bemerkungen
Pincetten-Compression	von 38 auf 138	—0·75	—	Eintritt der Unregelmässigkeiten und der Beschleunig, wie früher.
Aussetzen der Ventilation bei andauernder Aorten-Compression	„ 138 „ 152	—	—	
Pincetten-Compression	„ 30 „ 116	—	—	
Aussetzen der Ventilation bei andauernder Aorten-Compression	„ 116 „ 130	—	+	
Pincetten-Compression	„ 20 „ 124	—	—	
Hinterkörper bei comprimirter Aorta gehoben	„ 132 „ 144	—	—	
Rauch	—	—	—	
elektrisch	—	—	—	
„	—	—	—	
Chloroform	—	—	—	
Rauch	—	—	—	
Pincetten-Compression	„ 30 „ 116	—	+	
„	„ 24 „ 124	—	+	
Lösung d. Compression	„ 40 „ 100	—	—	
Pincetten-Compression	„ 24 „ 136	—	+	
Pincett.-Compr.	„ 42 „ 102	—	—	
bei comprimirt. Aorta elektr. gereizt	„ 102 „ 144	—1	+	
Pincetten-Compression	„ 44 „ 130	—	—	
bei comprimirt. Aorta elektr. gereizt	„ 130 „ 138	—	+	
Pincetten-Compression	„ 38 „ 86	—	—	
bei comprimirt. Aorta elektr. gereizt	„ 86 „ 124	—0·66	—	

Versuchs-Zahl	Versuchs-Thier	Vor - Operationen	Pulszahl b. Versuchs-Beginn	Blutdruck b. Versuchs-Beginn	Spontane Unregelmässigkeiten	Ort d… Eingrif…
XVIII	Gross. Kaninch.	Halsnerven u. Halsmark (zwischen 3. u. 4. Wirbel) durchschnitten. Linker Splanchnic. durchschnitten, Curara.	4·25	52		Bauchao…
XIX	Gross. Kaninch.	Halsmark (zwischen 3. und 4. Wirbel) u. beide Splanchnici durchschn. Halsnerven erhalten. Curara.	2·87	30		Bauchao… " Rückenm… Rückenm… " Bauchaor…

Art des Eingriffes	Blutdrucksteigerung	Verlangsamung in der Secunde	Unregelmässigkeiten	Besondere Bemerkungen
Pincetten-Compression	von 52 auf 174	—	+	
Heben d. Hinterkörpers b. comprimirt. Aorta	„ 160 „ 170	—	+	
Reiz. d. Rückenmarkes b. comprimirt. Aorta	„ 146 „ 156	—	—	
Pincetten-Compression	„ 24 „ 76	0·37	+	
an einer Fadenschlinge gehoben	„ 18 „ 138	0·50	+	
bei comprimirt. Aorta elektr. gereizt	„ 134 „ 170	—	+	
Lösung d. Aorten-Compress.	„ 30 „ 140	—	+	
elektr. gereizt	„ 24 „ 50	—1	+	
„	„ 22 „ 52	—0·75	+	
Pincetten-Compression	„ 18 „ 52	1·66	—	

Tabelle II.

Versuchs-Zahl	Versuchs-Thier	Vor-Operationen	Pulszahl b. Versuchs-Beginn	Ort des Eingriffes	Art des Eingriffes	Effect des Eingriffes	Besondere Bemerkungen
XX	Feldhase	Halsnerven durch, Curara.	5	—	—		Blutdruck steigt periodisch spontan beträchtlich an. An den Erhebungen keine deutliche Verlangsamung, aber Unregelmässigkeiten des Herzschlages wahrnehmbar.
XXI	Grosses Kaninchen	Kein Curara, Halsnerven blossgelegt.	3·5	Nase	Chloroform	Zeichen starker Vaguserregung	
				Halsnerven beiderseits	durchschn.	Keinerlei Effect.	
				Nase	Rauch	Blutdrucksteigerg., Verlangsamung um 0·25 Schläge, Unregelmässigkeiten.	
				„	Chloroform	Blutdrucksteigerg., Verlangsamung um 0·50 Schläge, Unregelmässigkeiten.	
				„	elektrisch	Blutdrucksteigerg., Verlangsamung um	

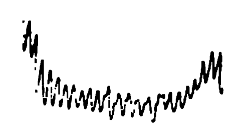
XXII	Grosses Kaninchen	Curara, Halsnerven blossgelegt.	3·5	Nase	Rauch	Mässige Blutdrucksteigerung, kein anderweitiger Effect.	
				Halsnerven beiderseits	durchschn.	Keine Beschleunig. des Herzschlages.	
				Nervus dorsalis pedis	elektrisch	Starke Blutdruckstg. Verlangs. um 0·25 Schläge, Unregelmässigkeiten.	
XXIII	Grosses Kaninchen	Halsnerven durchschnitten, Curara.	5	Nase	Rauch	Blutdrucksteigerg., Verlangsamung um 0·50 Schläge, Unregelmässigkeiten.	Zu Anfang des Versuches treten öfter spontan Unregelmässigkeiten des Herzschlages ohne Änderung des Blutdruckes auf.
				„	„	Blutdrucksteigerg., Verlangsamung um 0·25 Schläge, Unregelmässigkeiten.	
XXIV	Mittelgrosses Kaninchen	Halsnerven durchschnitten, kein Curara.	4·58	Nase	Rauch	Blutdrucksteig., Verlangsamung um 0·25 Schläge, sehr lange anhaltende Unregelmässigkeiten.	
XXV	Mittelgrosses Kaninchen	Halsnerven blossgel., kein Curara.	3·50	Nase	elektrisch	Gering. Blutdrckstg., Verlangsamung um 0·50 Schläge.	
				„	„	Geringe Blutdrucksteig., Verlangsam. um 0·75 Schläge.	
				Halsnerven beiderseits	durchschn.	Blutdrucksteigerg., Beschleun. d. Herzschlages auf 4·37, Unregelmässigkeit.	

Versuchs-Zahl	Versuchs-Thier	Vor-Operationen	Pulszahl b. Versuchs-Beginn	Ort des Eingriffes	Art des Eingriffes	Effect des Eingriffes	Besondere Bemerkungen
XXVI	Grosses Kaninchen	Halsnerven durchschnitten, kein Curara, natürl. Respiration.	4·5	Nase	Chloroform	Blutdrucksteigerg., Verlangsamung um 0·67 Schläge.	
				„	Rauch	Blutdrucksteigerg., Verlangsamung um 0·33 Schläge.	
					Aussetzen d. Ventilation	Blutdrucksteigerg., Verlangsamung um 0·5 Schläge, Unregelmässigkeiten.	
XXVII	Grosses Kaninchen	Halsnerven durchschnitten, *Ganglion thoracicum primum* beiderseits blossgelegt, kein Curara.	3·83	*Ganglion thoracicum primum* beiderseits	elektrisch gereizt	Keinerlei Effect.	
XXVIII	Grosses Kaninchen	Halsmark (zw. 4. u. 5. Wirbel) durchschnitten, künstl. Respiration. Halsnerven erhalten.	3	Nase	Rauch und Chloroform	Keinerlei Effect.	
				Hinterkörper des Thieres	gehoben	Der Blutdruck erfährt eine ansehnliche Steigerung, der Herzschlag verlangsamt sich um 0·56 Schläge in der Secunde, es treten die bekannten Unregel-	

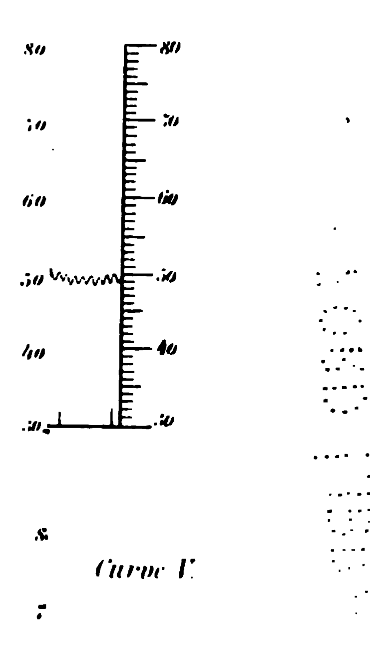
XXIX	Grosses Kaninchen	Halsmark (zw. 4. u. 5. Wirbel) durchschnitten, künstl. Respiration. Halsnerven erhalten.	2·5	Nase	Rauch Chloroform elektrisch	Keinerlei Effect.
XXX	Grosses Kaninchen	Halsmark (zw. 4. u. 5. Wirbel) durchschnitten, künstl. Respiration. Halsnerven erhalten.	2·25	Nase	Rauch und Chloroform	Keinerlei Effect.
				Halsnerven beiderseits	durchschn.	Keine Beschleunig. des Herzschlages.
XXXI	Grosses Kaninchen	Halsmark (zw. 4. u. 5. Wirbel) durchschnitten, künstl. Respiration. Halsnerven erhalten.	2·75	Nase	Rauch und Chloroform	Keinerlei Effect.
				Halsnerven beiderseits	durchschn.	Es tritt vorübergehend Verlangsam. d. Herzschlages ein, hierauf kömmt es wieder zur früheren Schlagzahl, keine Beschleunigung.
				Nervi vagi	elektrisch gereizt	Starke Verlangsam. des Herzschlages.
				Bauchaorta	Pincet.-Compression	Beträchtliche Steigerung des Blutdruckes, Unregelmässigkeit. d. Herzschlages ohne Änderung der regelmässigen Frequenz.

Versuchs-Zahl	Versuchs-Thier	Vor-Operationen	Pulszahl b. Versuchs-Beginn	Ort des Eingriffes	Art des Eingriffes	Effect des Eingriffes	Besondere Bemerkungen
XXXII	Grosses Kaninchen	Halsmark (zw. 4. u. 5. Wirbel) durchschnitten, künstl. Respiration. Halsnerven erhalten.	3	Nase	Rauch und Chloroform	Keinerlei Effect.	
				Bauchaorta	Pincet.-Compression	Beträchtl. Steigerg. d. Blutdruckes, Verlangsamg. d. Herzschlages um 0·87 Schläge in d. Sec., Unregelmässigkeit. des Herzschlages.	
				"	unterbunden	Blutdrucksteigerg., Verlangsamung um 0·75 Schläge. Unregelmässigkeiten.	
				"	Pincet.-Compression	Blutdrucksteigerg., Verlangsamung um 0·50 Schläge, Unregelmässigkeiten.	
				Halsnerven beiderseits	bei comprimirter Aorta durchschn.	Der verlangs. Herzschlag (2·5) geht n. Durchschneidg. des zweiten Vagus sogleich wieder auf d. ursprgl. (3) Schlagzahl in d. Höhe, die Unregelmässigkeit. halten an.	
				Bauchaorta	Pincet.-Com-	Blutdrucksteig., Un-	

Ki





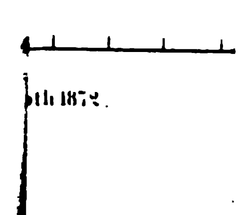


8

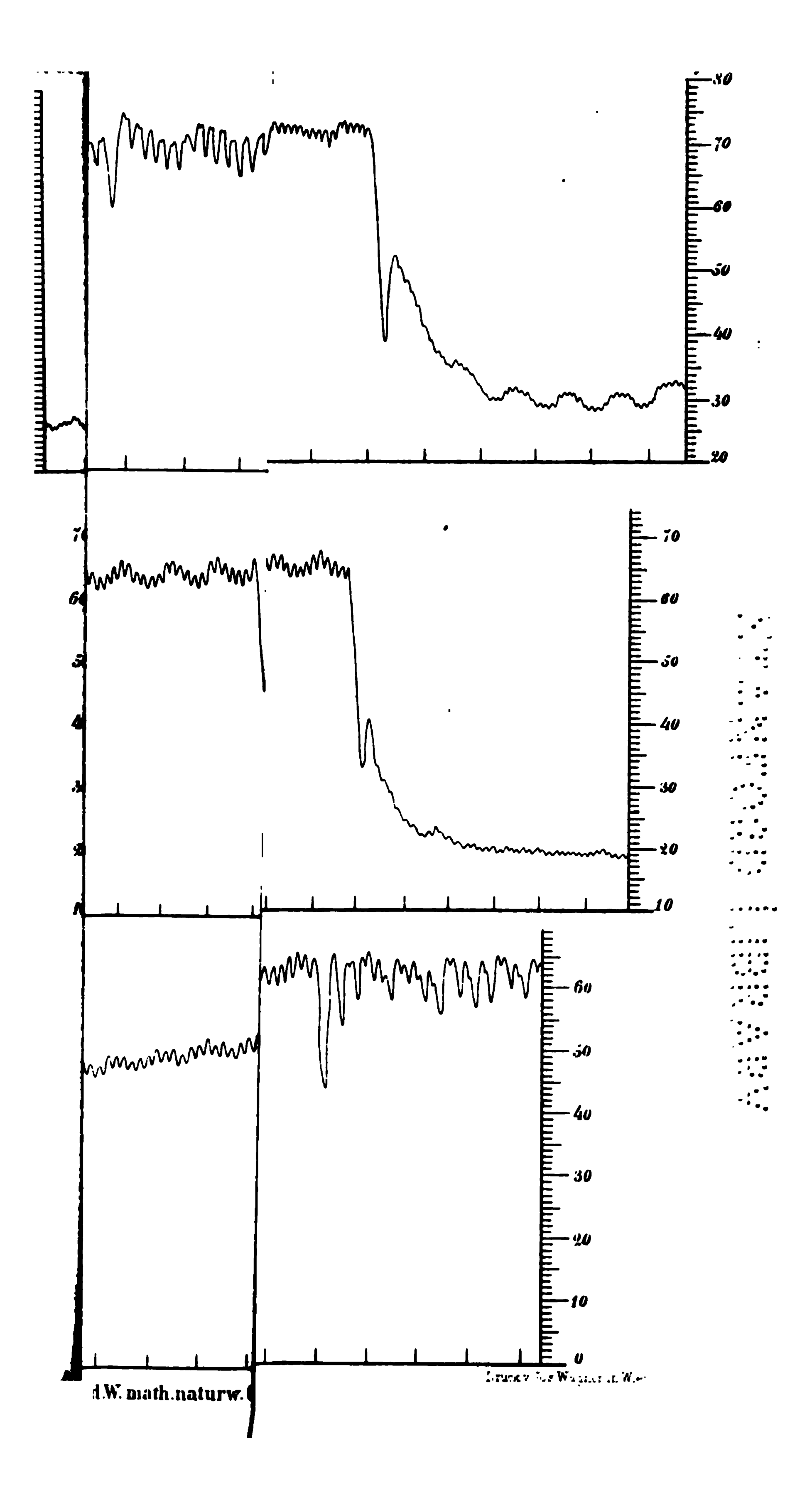
Curve V.

7

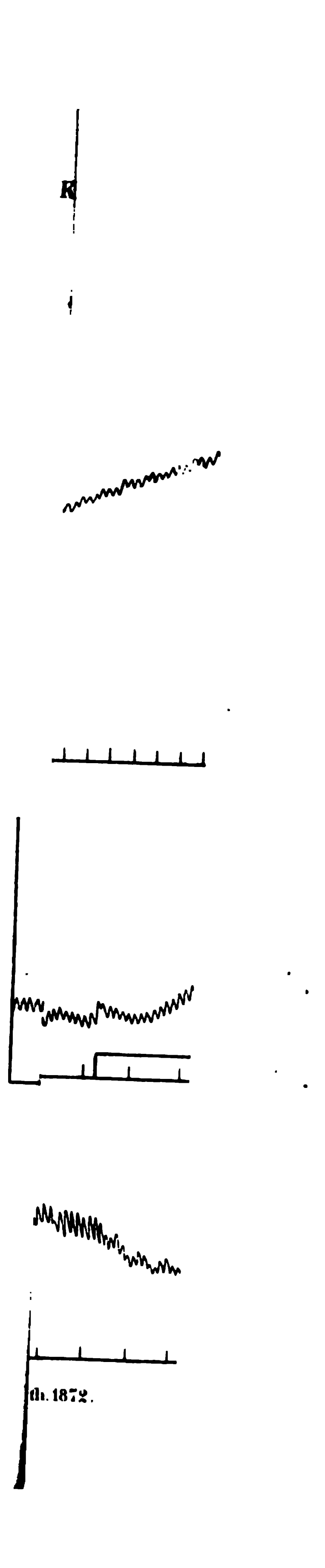
6



th 1872.


80
70
60
50
40
30
20
70
60
50
40
30
20
10
60
50
40
30
20
10
0
d.W. math.naturw.




K
th. 1872.

I.Abth. 1872

Erklärung der Abbildungen.

Sämmtliche Curven stammen von curarisirten Kaninchen, deren *Vagi, Sympathici* und *Depressores* am Halse durchschnitten waren. Mit Ausnahme der Curven II—V auf Taf. III sind alle Curven von einem Quecksilbermanometer gezeichnet. Auf der Horizontalen unter jeder Curve sind die Schläge eines Metronoms durch einzeln stehende senkrechte Striche verzeichnet. Die von je zwei hinter einander folgenden Strichen begrenzten Abschnitte der Horizontale haben den Werth von Doppelsecunden. Nur bei Curve I auf Tafel III und Curve I auf Tafel IV haben jene Zeitmarken lediglich den Werth einer Secunde. Die durch eine zweite Horizontale mit einander verbundenen höheren senkrechten Striche, zeigen den Zeitpunkt und die Dauer einer Reizeinwirkung an.

Die Horizontale der meisten Curven ist um eine variirende, am Anfange der Horizontalen näher bezeichnete Anzahl von Millimetern über die eigentliche, dem Nullpunkte des Manometers entsprechende Abscisse hinaufgerückt.

Tafel I.

Curve I, II und IV zeigen die Abänderungen des Blutdruckes und des Herzschlages bei Reizung der Nasenschleimhaut durch Einblasen von Rauch.

Curve III und VI geben die mit spontanen positiven Blutdruckschwankungen verknüpften Abänderungen des Herzschlages wieder.

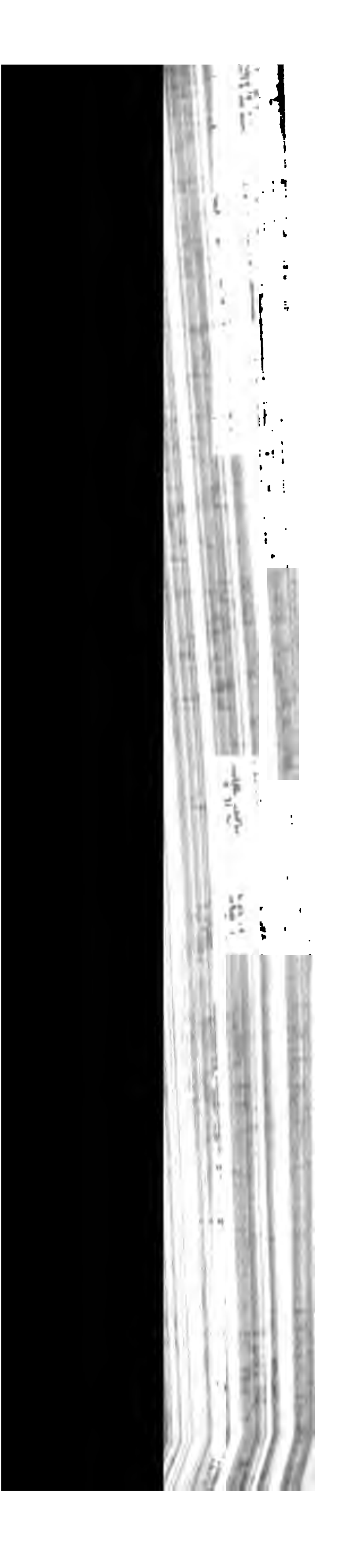
Auf Curve V ist der *Pulsus trigeminus* durch ein Quecksilbermanometer verzeichnet.

Tafel II.

Curve I und II zeigen die Abänderungen des Blutdruckes und des Herzschlages nach Compression der Bauchaorta bei undurchschnittenem, Curve III bei durchschnittenem Halsmark.

Tafel III.

Curve I gibt die bei Thieren mit durchschnittenem Halsmarke nach Lüftung der vorher comprimirten Bauchaorta eintretende secundäre Blutdrucksteigerung, und die hiedurch bewirkte Abänderung des Herzschlages wieder. Werth einer Zeitmarke = 1″.



Auf Curve II sind die nach Compression der Bauch änderungen des Herzschlages und des Blutd manometer verzeichnet.

Curve III und IV zeigen die Abänderungen von Blu nach Reizung der Nasenschleimhaut durch Ra zeichnung mit dem Federmanometer.

Auf Curve V ist der *Pulsus trigeminus* dur verzeichnet. Auch die zweigipfeligen Wellen schlägen.

Tafel IV.

Curve I, 1. u. 2. Hälfte. Veränderungen des Herzs druckes nach Compression der Bauchaorta Halsmarke, auf einer sehr rasch rotirenden Werth einer Zeitmarke = 1″.

Zwischen der 1. und 2. Hälfte wurde ein ausgelassen.

Beobachtungen über eine Bewegung der Trachea und der grossen Bronchien mittelst des Kehlkopfspiegels.

Eine physiologische Studie

vom klin. Vorstande Dr. L. Schrötter.

Elfinger hat zuerst die Theilungsstelle der Trachea an Czermak's Luftröhre gesehen; Türck hat wichtige Rathschläge für die Untersuchung der Trachea bei schwierigen Verhältnissen gegeben und auch bereits eine Reihe pathologischer, hieher gehöriger Fälle veröffentlicht. Seit einer Reihe von Jahren habe ich selbst mich mit den Untersuchungen der Trachea mit Vorliebe beschäftigt und nicht nur eine grosse Anzahl von bezüglichen Beobachtungen gemacht, sondern auch das Gebiet der Operationsmöglichkeit über den Larynx hinaus bis in die Trachea, und sogar bis in deren untersten Theil zunächst ihrer Bifurcation ausgedehnt [1]. Bei diesen Untersuchungen hatte ich Gelegenheit eine, oft sogar höchst auffallende, Bewegung am Bifurcationssporn wahrzunehmen. In letzterer Zeit habe ich diesen Gegenstand einem speciellen Studium unterworfen und möglichst viele Menschen, gesunde und kranke, wie sie mir eben unterkamen, auf Bifurcation der Trachea, respective diese Bewegung, laryngoskopisch untersucht.

Bei der grössten Anzahl von Menschen gelingt es die Trachea etwa bis zu ihrer Mitte, bei einer grossen bis zu

---

[1] Durchtrennung von Narben in der Trachea mit Hilfe des Kehlkopfspiegels. Vortrag in der Sitzung der k. k. Gesellschaft der Ärzte zu Wien; 7. December 1866. — Exstirpation eines Sarcom's aus der Trachea. Mediz. Jahrbücher; 15. Bd. Wien 1868. — Desgleichen Dr. Schrötter's Jahresbericht der Klinik für Laryngoskopie an der Wiener Universität für 1870. Wien, Braumüller 1871. — Heilung einer Stenose der Trachea. ibidem.

ihrer Theilungsstelle zu überblicken. Es erfordert aber nebst sehr viel Geduld, die Anwendung aller jener Mittel, wie sie schon Türck zu diesem Zwecke angegeben hat (Verschiebung des Kehlkopfes und der Trachea von aussen, die mühevollsten Stellungen von Seite des Patienten und des Arztes: Weitvorgebeugtsein des ersteren, Knieen des letzteren mit möglichst rückwärts gestrecktem Kopfe etc). Zweimal ist es mir sogar gelungen, nicht nur die beiden Bronchien in einer grösseren Ausdehnung, sondern sogar die weitere Theilung des rechten Bronchus, und zwar mit solcher Bestimmtheit zu sehen, dass ich dieselbe meinen Zuhörern demonstriren konnte, eine Beobachtung, welche, so weit mir bekannt, bisher vollständig vereinzelt geblieben ist. Ich bemerke hiebei ausdrücklich, dass es sich nicht etwa um Ursprung eines accidentellen Bronchus über oder an der Bifurcationsstelle handelte. Wenn man diese Umstände erwägt, so muss es als eine relativ grosse Zahl betrachtet werden, wenn ich sage, dass ich bei 70 Menschen im Stande war, die Bifurcationsstelle deutlich zu beobachten.

Die Bewegung, auf die ich aufmerksam machen will, besteht in einer stossweisen, ich möchte sagen, pulsirenden Verrückung des Bifurcationssporns, d. h. jener Leiste, wie sie an der Theilung der Luftröhre in die beiden Bronchien mehr minder scharf vorspringt, allein, oder gleichzeitig mit benachbarten Theilen der Trachea und der Bronchien, und sie gestaltete sich besonders auffallend dann, wenn über die genannten Gebilde injicirte Gefässe hinwegzogen, welche einen genauen Anhaltspunkt über Art und Grösse der Locomotion gestatteten; letztere betrug oft mindestens 2 Linien. Wenn wir nun die Erscheinung genauer gliedern, so fand selbe unter den 70 Individuen 27mal in der Weise statt, dass der mehr weniger gerade von vorn nach rückwärts verlaufende Bifurcationssporn ruckweise von rechts nach links geschoben wurde, und wie sich an der Carotis oder an dem Herzstosse nachweisen liess, genau im Momente der Systole des Herzens. In der Diastole desselben fand das Zurückweichen im entgegengesetzten Sinne, und zwar entweder eben so rasch ruckweise oder bedeutend träger statt. In zwölf Fällen war die Bewegung gerade die entgegengesetzte, also während der Herzsystole von links nach rechts. Siebzehnmal war

die Bewegung eine complicirtere, indem sie nicht blos rein seitlich, sondern auch gleichzeitig von vorn nach rückwärts oder umgekehrt, also in schiefer Richtung vor sich ging; auch in diesen Fällen ist die Bewegung von rechts nach links die häufigere, indem sie 11mal in diesem Sinne und nur 3mal von links nach rechts stattfand. Die Bewegung von rückwärts nach vorne ist, was auffallen muss, ebenfalls die häufigere, denn sie fand sich 14mal vor, also nur 3mal bestand die Bewegung von vor- nach rückwärts und gleichzeitig von links nach rechts, und gar nicht von vor- nach rückwärts und gleichzeitig von rechts nach links.

Viermal liess sich die Bewegung nicht genauer angeben, indem sie nur in einem rasch vorübergehenden, undeutlichen Erzittern bestand, in sieben Fällen war keinerlei Bewegung wahrzunehmen, und bei einem Individuum endlich fand die Erscheinung in der ganz besonderen Weise statt, dass die Bifurcationsstelle ruhig blieb, aber mit jeder Systole der unterste Theil der linken seitlichen und vorderen Trachealwand in eigenthümlich wogender Weise nach rechts und rückwärts geschoben wurde.

Da diese Bewegung, wie später gezeigt werden soll, nur von der Action des Herzens abhängen kann, liess ich in undeutlichen Fällen die betreffenden Individuen, um die Herzthätigkeit zu erregen, einigemale rasch durchs Zimmer laufen. Bei vielen Menschen wurde die Bewegung dadurch deutlicher, bei den letztgenannten sieben war aber trotz dieses Verfahrens keinerlei Bewegung wahrzunehmen, obwohl sich verstärkter Herzstoss einstellte. Um die Erscheinungen näher zu ergründen, wurden die Individuen auf Intensität ihrer Herzthätigkeit, auf die Lage des Herzens, so viel als möglich auch der grossen Gefässe, und ebenso auf etwaige pathologische Zustände der Respirations- und Circulationsorgane untersucht.

Es kann keinem Zweifel unterliegen, dass, wenn diese merkwürdige Erscheinung hinreichend studirt, und mit dem Zustande der genannten Nachbarorgane in den richtigen Causalnexus gebracht, also auf eine den Anforderungen der Wissenschaft genügende Erklärung zurückgeführt sein wird, sich wichtige diagnostische Anhaltspunkte gerade über den Zustand jener Organe ergeben werden, denen sonst nicht beizukommen ist, und dass es namentlich gelingen mag, pathologische Veränderungen auf diese

Weise schon zu einer Zeit aufzufinden, wo die anderen diagnostischen Hilfsmittel im Stiche lassen.

Wenn wir an eine Erklärung der Erscheinung gehen, so muss sofort berücksichtigt werden, dass bei der Verschiedenheit in derselben kaum eine Entstehungsweise allein angenommen werden kann, sondern offenbar differente Factoren bei dem Zustandekommen derselben betheiligt sein müssen.

Würde nur die Bewegung von rechts nach links und allenfalls auch die von rückwärts nach vorne stattfinden, so müsste man wohl sogleich an die Gutbrod-Skoda'sche Theorie des Herzstosses denken; ja es würde sogar unsere Erscheinung eine Verstärkung für diese Lehre abgeben. Denn wenn das Herz mit jeder Systole von rechts nach links und dabei von rückwärts nach vorne geht, so ist es klar, dass die benachbarten Organe im selben Sinne folgen müssen, also auch der durch den Aortenbogen noch inniger mit dem Herzen zusammenhängende Theil der Trachea von rechts nach links und eventuell von rückwärts nach vorne nachrückt. Allein eine genauere Untersuchung des Sachverhaltes ist dieser Erklärung nicht günstig:

1. Findet die Erscheinung mitunter sehr lebhaft in solchen Fällen statt, wo die Action des Herzens eine sehr schwache ist, und es gelingt umgekehrt nicht, durch künstliche Verstärkung der Herzbewegung dieselbe hervorzurufen oder deutlicher zu machen.

2. Findet ja die Bewegung des Bifurcationsspornes bei vielen Individuen von links nach rechts statt. Für diese Reihe wäre die Theorie offenbar nur im Falle eines (aber eben nicht vorhandenen) *Situs cordis transpositus* anwendbar.

3. Gibt hier das höchst sinnreiche Experiment von Ceradini den entscheidenden Ausschlag.

Wenn man nämlich eine feine Glasröhre, welche in eine gefärbte Flüssigkeit taucht, mittelst eines Korkstöpsels in dem einen Nasenloche befestigt, und bei verschlossenem Munde und zweiten Nasenloche, aber bei geöffneter Glottis zu respiriren aufhört, so nimmt man mit jeder Systole ein Sinken der Flüssigkeit im Rohre wahr. Zu diesem Experimente gehört allerdings eine gewisse Übung von Seite des Versuchsindividuums, und habe ich mich, um sicher vorzugehen, durch das Laryngoskop überzeugt.

ob die betreffenden Individuen in der That im Stande sind, bei geöffneter Glottis die Respiration vollständig zu sistiren, und nur solche in Betracht gezogen.

Wenn also mit jeder Systole die Flüssigkeit sinkt, so muss offenbar im Momente des Herzstosses die Luft in der Trachea verdichtet werden, oder mit anderen Worten ein Stoss auf die Trachea erfolgen, während, wenn dieselbe sich der Lageveränderung eines anderen Organes — des Herzens — im Momente der Systole accommodiren würde, eine Verdünnung der Luft in der Trachea, also ein Aufsteigen der Flüssigkeitssäule stattfinden müsste.

Es kann somit die fragliche Bewegungserscheinung in der einfachen Locomotion des Herzens ihre Erklärung nicht finden.

Sehen wir uns nach einer anderen Auslegung um, so bleibt, da ja die Erscheinung mit der Respiration nichts zu thun hat, nur das Verhalten der Aorta und der grossen Gefässe überhaupt zur Trachea übrig. Es wäre eigentlich ganz natürlich, dass die Aorta, wenn sie über den linken Bronchus hinüberläuft, bei ihrer jeweiligen Diastole, bei welcher also ihr Bogen gestreckt wird, den Bronchus und das untere Ende der Trachea in Erschütterung versetzt; allein so einfach ist die Erklärung doch nicht, denn wie käme es dann, dass die Bewegung nicht in allen Fällen stattfindet, da ja der Verlauf der Aorta wenigstens im groben immer der gleiche ist; wie käme es, dass sie eine so verschiedenartige, bei zwei Individuen geradezu entgegengesetzte, oder wieder in anderen Fällen mit Nebenerscheinungen (gleichzeitiges Bewegen einer Seitenwand der Trachea in gleichem oder noch merkwürdiger im entgegengesetzten Sinne etc.) complicirte ist? Es muss also sowohl das feinere topographische Verhalten der Aorta selbst, wie auch der übrigen grossen Gefässe in Betracht gezogen werden und müsste dies etwa in folgender Weise geschehen:

1. Berücksichtigt man, dass die häufigste Art der Bewegung die von rechts nach links ist, ebenso die von rückwärts nach vorne, so muss zugegeben werden, dass diese Thatsachen mit dem anatomischen Verhalten der Aorta zur Trachea nicht gut in Einklang gebracht werden können, denn nach diesem wäre ein directer Anstoss des sich zum Bogen krümmenden aufsteigenden Theiles der Aorta an die Trachea, und somit deren

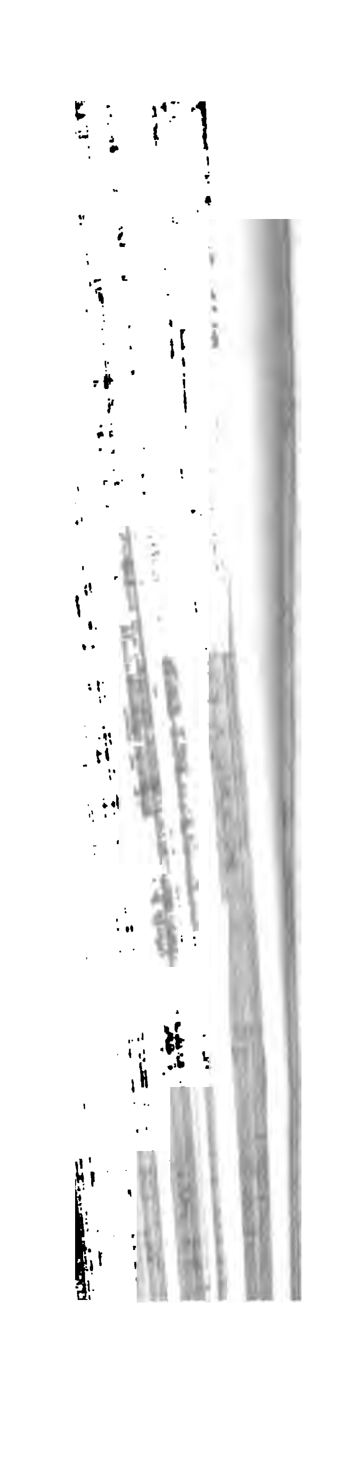
Bewegung von links nach rechts und von vorn nach rückwärts das wahrscheinlichste. Etwa anzunehmen, dass mit der Erweiterung der Aorta durch die Beschickung mit Blut diese nach links hin sich ausdehne und die Trachea, so zu sagen, dieser Erweiterung folge (wie wir das ja früher schon für das Herz gedacht hatten), ist eben des Ergebnisses des Ceradinischen Experimentes halber unstatthaft. Es lässt sich also nur annehmen, dass die Bewegung von vorn nach rückwärts und die von links nach rechts durch den aufsteigenden Theil der Aorta und deren Bogen bedingt sei; ein Einfluss des absteigenden Schenkels von hinten her auf den linken Bronchus kann aber nicht gänzlich ausgeschlossen werden, weil ja dieser an der Wirbelsäule Befestigung und Stütze findet. 2. Sind ohne Zweifel von grosser Wichtigkeit die beiden Äste der Pulmonalarterie; so kann die Bewegung von vorn nach rückwärts ganz gut davon abhängen, dass die Theilungsstelle der Trachea und der rechte Bronchus unmittelbar hinter dem rechten Aste der Pulmonalarterie liegen; ebenso die Bewegung nach rückwärts und zugleich nach links davon, dass der linke Bronchus hinter und unter dem linken Aste der *Art. pulmonalis* liegt. 3. Ist offenbar leicht einzusehen, dass eine Verbindung von 1. und 2. die combinirten schiefen Bewegungen ganz gut zu erklären vermag. Wenn wir ferner 4. berücksichtigen, dass die *Art. innominata* und die *Carotis communis sinistra* über die vordere Luftröhrenwand hinwegstreichen, so können aus der Pulsation dieser Gefässe Bewegungen höher oben gelegener Theile der Trachea resultiren. Es erübrigt somit 5. nur die Ursache für die individuelle Verschiedenheit der Bewegung zu finden.

Wenn wir die innerhalb der normalen Grenzen liegenden Abweichungen im Laufe und dem topographischen Verhalten der bezüglichen Organe erwägen, so ist wohl in diesen die Erklärung zu suchen; denn gewiss ist jene Richtung, in welcher die Luftröhre am Halse schief von oben vorne nach unten rückwärts zieht, verschieden, von der Configuration der Wirbelsäule etc. abhängig. Ebenso muss von grösstem Einflusse sein die verschiedene Länge der beiden Bronchien, der beiden Pulmonalarterienäste, die verschiedene Entwicklung der Bronchialdrüsen, wodurch ein mehr minder beträchtliches Abdrängen der beeinflussenden Gebilde von der Trachea bedingt wird; sicherlich

auch der ungleiche Grad der spiraligen Drehung der Aorta zur Pulmonalis (Kornitzer).

Wir finden eine Analogie in der Ungleichheit dieser Bewegung mit jener des Herzens bei verschiedenen Individuen, welche auch nicht nach einer Schablone erklärt werden kann.

Obgleich ich überzeugt bin, dass die angegebenen Gesichtspunkte für die Erklärung der Thatsachen die richtigen sind, so kann doch erst ein genaues Studium der Erscheinung am Lebenden und vergleichendes Messen der feinsten topographischen Verhältnisse der genannten Organe und ihrer Theile am Cadaver über alle diese Umstände bestimmten Aufschluss geben, welche Untersuchungen der ferneren Zeit vorbehalten bleiben müssen.



SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

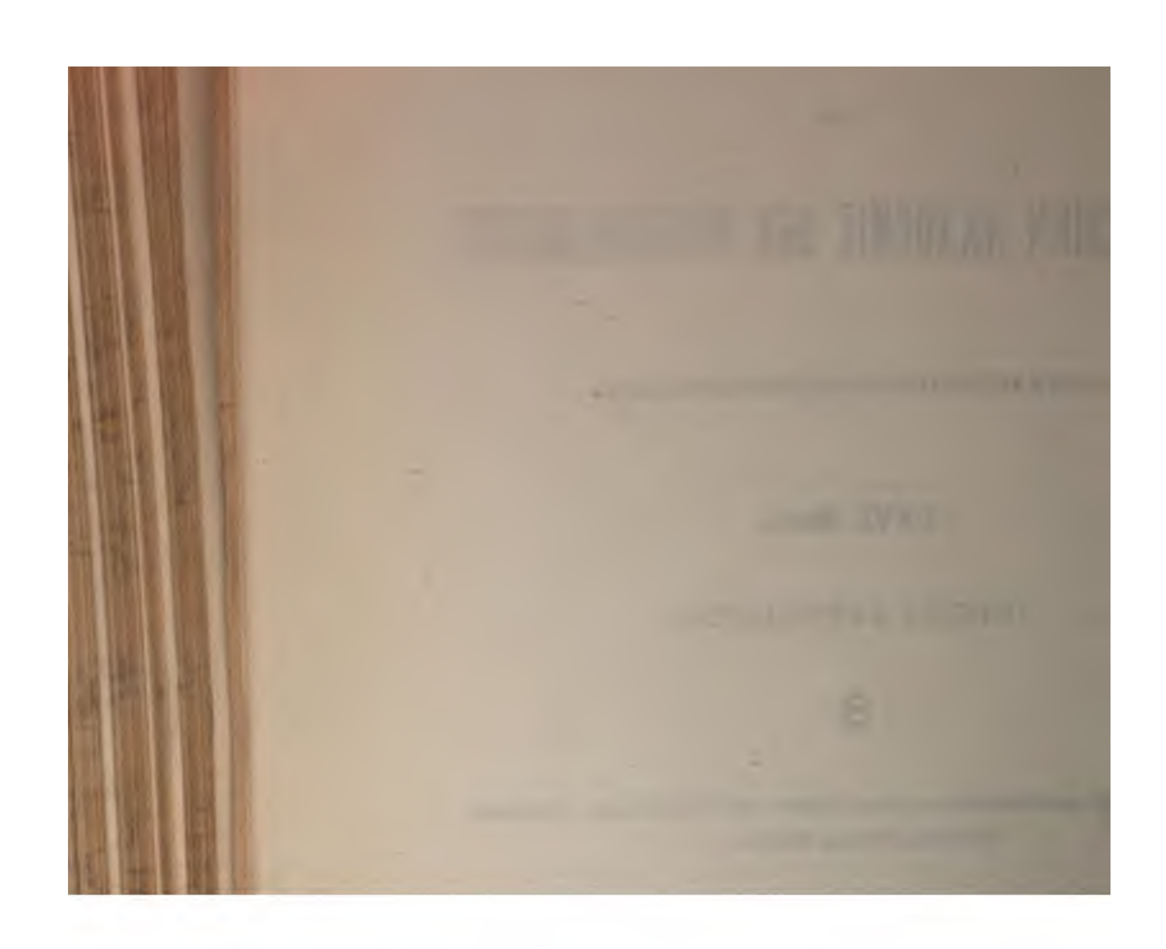
MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

LXVI. Band.

DRITTE ABTHEILUNG.

8.

Enthält die Abhandlungen aus dem Gebiete der Physiologie, Anatomie und theoretischen Medicin.



XXI. SITZUNG VOM 10. OCTOBER 1872.

Der Präsident begrüsst die anwesenden Mitglieder bei Wiederbeginn der akademischen Sitzungen.

Derselbe gedenkt ferner des während der Ferien erfolgten Ablebens der wirklichen Mitglieder, des Herrn Dr. Joseph Ritter von Bergmann, gestorben am 29. Juli in Graz, und des Herrn Hofrathes Dr. George Phillips, gestorben am 6. September zu Aigen bei Salzburg.

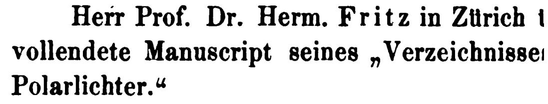
Sämmtliche Anwesende geben ihr Beileid durch Erheben von den Sitzen kund.

Herr Freiherr Conrad v. Eybesfeld zeigt, mit Note vom 6. August, seinen Amtsantritt als k. k. Statthalter in Niederösterreich an.

Das k. k. Ministerium des Innern übermittelt, mit Note vom 23. August, die graphischen Nachweisungen über die Eisbildung an der Donau und March in Niederösterreich und an der Donau in Oberösterreich während des Winters 1871/2.

Der Secretär bringt folgende Dankschreiben zur Kenntniss der Classe:

1. Vom Herrn Dr. L. J. Fitzinger in Pest für die ihm zur ichthyologischen Durchforschung der Tátra bewilligte Subvention von 300 fl.
2. Vom Herrn Custos Dr. A. Schrauf für die ihm zur Fortsetzung der Arbeiten behufs der Herausgabe des 5. & 6. Heftes seines „Atlas der Krystallformen des Mineralreiches“ bewilligte Subvention von 300 fl.
3. Vom Herrn Lecomte für die der *Société Entomologique de Belgique* und der *Société Malacologique de Belgique* zu Brüssel bewilligten Sitzungsberichte der Classe.
4. Von der k. k. Gymnasialdirection in Trebitsch für die dieser Lehranstalt bewilligten Separatabdrücke aus den Schriften der Classe.



Herr Prof. Dr. Herm. Fritz in Zürich t vollendete Manuscript seines „Verzeichnisse Polarlichter."

Herr Prof. Dr. Rich. Heschl in Graz hi geltes Schreiben zur Wahrung seiner Priorit und Nachweisung einer sehr wichtigen Krank

Herr Prof. Dr. H. Hlasiwetz überreich des Herrn Dr. Friedr. Hinterberger: „Übe

Herr Dr. Kratschmer übergibt eine Zucker- und Harnstoffausscheidung beim *Dia* dem Einflusse von Morphium, kohlensaurem u Natron."

Herr Prof. Dr. L. Boltzmann aus Graz lung vor, betitelt: „Weitere Studien über d wicht unter Gasmolecülen."

Derselbe überreicht ferner eine vorläufig perimentaluntersuchung über das Verhalten n per unter dem Einflusse elektrischer Kräfte."

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Academia, Real, de Ciencias medicas, fisi la Habana: Anales. Tomo V—VIII. (1868- Junio & Julio 1872. Habana; 8°. — Fl 21—28. 8°. — Aniversario undecimo de Ciencias med. fis. y nat. de la Habana. tareas, discursos y programa de premios. — Tablas obituarias de 1871. Habana, 1

Annalen der Chemie, von Wöhler, Liebi Band LXXXVII, Heft 2 & 3. Leipzig & He

Annales des mines. VIIe Série. Tome I, 2e I Paris; 8°.

Apotheker-Verein, allgem. österr.: Zeitsc Nr. 21—28. Wien, 1872; 8°.

Astronomische Nachrichten. Nr. 1897—190 Altona, 1872; 4°.

Comptes rendus des séances de l'Acadé Tome LXXV, Nrs. 2—13. Paris, 1872; 4°



Dozy, F., et J. H. Molkenboer, *Bryologia Javanica seu descriptio Muscorum frondosorum Archipelagi Indici iconibus illustrata. (Post mortem auctorum edentibus R. B. Van den Bosch et C. M. Van der Sande Lacoste.) Fasc. I—LXIV. Lugduni Batavorum, 1854—1870*; 4°.

Geschichte der Wissenschaften in Deutschland. Neuere Zeit. XII. Band. Geschichte der Zoologie bis auf Joh. Müller u. Charl. Darwin, von J. Victor Carus. München, 1872; 8°.

Gesellschaft der Wissenschaften, k., zu Göttingen: Abhandlungen. XVI. Band. (1871). Göttingen, 1872; 4°. — Gelehrte Anzeigen, 1871, Bd. I & II. 8°. — Nachrichten aus d. J. 1871. Göttingen; 8°.

— geographische, in Wien: Mittheilungen. Band XV. (Neuer Folge V.) Nr. 7—9. Wien, 1872; 8°.

— österr., für Meteorologie: Zeitschrift. VII. Band, Nr. 14—17. Wien, 1872; 4°.

— Astronomische, in Leipzig: Vierteljahrsschrift. VII. Jahrgang, 3. Heft. Leipzig, 1872; 8°.

Gewerbe - Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXIII. Jahrg. Nr. 29—40. Wien, 1872; 4°.

Instituut, k., voor de taal-, land- en volkenkunde van Nederlandsch Indië: Bijdragen. III. Volgreeks VI. Deel, 3. Stuk. 's Gravenhage, 1872; 8°.

Jahrbuch, Neues, für Pharmacie & verwandte Fächer, von Vorwerk. Band XXXVII, Heft 5 & 6; Band XXXVIII, Heft 1. Speyer, 1872; 8°.

Journal für praktische Chemie, von H. Kolbe, N. F. Band VI, 1. & 2. Heft. Leipzig, 1872; 8°.

Landbote, Der steirische. 5. Jahrgang, Nr. 15—20. Graz, 1872; 4°.

Landwirthschafts-Gesellschaft, k. k., in Wien: Verhandlungen und Mittheilungen. Jahrgang 1872, Nr. 16 bis 19. Wien; 8°.

Löwen, Universität, akademische Gelegenheitsschriften aus d. J. 1869—1871; 4°, 8° & 12°.

Mittheilungen aus J. Perthes' geographischer Anstalt. 18. Band, 1872. Heft VII & VIII, nebst Ergänzungsheft Nr. 33. Gotha; 4°.

Moniteur Scientifique par Quesneville. 3e Serie. Tome II. 367e—370e Livraisons. Paris, 1872; 4°.

Nature. Nrs. 142—153, Vol. VI. London, 1872; 4°.

Reichsanstalt. k. k. geologische: Jahrbuch. Jahrgang 1872. XXII. Band. Nr. 2. Wien; 4°. — Verhandlungen. Jahrgang 1872. Nr. 10—12. Wien; 4°.

„Revue politique et littéraire", et „La Revue scientifique de la France et de l'étranger". IIe Année, 2e Série, Nrs. 3—14. Paris et Bruxelles, 1872; 4°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXII. Jahrgang. Nr. 29—40. Wien. 1872; 4°.

Zeitschrift für Chemie, von Beilstein, Fittig u. Hübner. XIV. Jahrgang. N. F. VII. Band, 24 Heft. Leipzig, 1872; 8°.

— des oesterr. Ingenieur- & Architekten-Vereins. XXIV. Jahrgang. 10.—12. Heft. Wien, 1872; 4°.

Über Zucker- und Harnstoffausscheidung beim Diabetes mellitus unter dem Einflusse von Morphium, kohlensauren und schwefelsauren Natron.

Von Dr. **Kratschmer,**
Oberarzte an der medicinischen Klinik der Josefs-Akademie.

(Mit 1 Tafel.)

In Nr. 87 der Wiener medicinischen Wochenschrift 1871 habe ich einige Resultate der Behandlung eines Diabetes-Kranken mit Opium und Morphium, namentlich betreffs der Ausscheidungsgrösse des Zuckers niedergelegt und theile hier die vollständige Krankengeschichte des Individuums mit, an welchem jene Resultate gewonnen wurden:

Patient ist ein Jude, geboren 1851, von gesunden Eltern abstammend (die Mutter starb bei seiner Geburt), und befand sich ununterbrochen im besten Wohlsein bis 1868. Wegen seiner besonderen geistigen Fähigkeiten zum Studium der rabbinischen Theologie bestimmt, musste er in die Fremde ziehen, wo es ihm bei fortdauernder angestrengter Geistesarbeit fast an dem Nothwendigsten gebrach. Härter noch als die mangelhafte Nahrung traf ihn die Nässe und Kälte seines Quartieres und die ungenügende Fussbekleidung, da er täglich eine weite Strecke meist auf nassem, sumpfigen Wege zurücklegen musste. Dessenungeachtet erhielt er sich bis zum September 1868 bei angestrengten Studien in vollster Gesundheit. In diesem Monate genoss er, um sowohl Hunger als Durst zu stillen, in grosser Menge Melonen, worauf er das erstemal eine Vermehrung der Harnabsonderung wahrnahm; das Bedürfniss, Harn zu lassen, stellte sich nämlich jetzt auch in der Nacht ein, was früher nie der Fall gewesen war. Er achtete jedoch der Sache weiter nicht, da sie ihm keine

besondere Beschwerde verursachte, bis im November ohne weitere Veranlassung plötzlich die vermehrte Harnabsonderung eine beträchtliche Steigerung erfuhr, so dass er 4—5mal in der Stunde uriniren musste. Gleichzeitig plagte ihn quälender Durst, den er nicht zu stillen vermochte; denn obwohl er nach seiner Angabe wohl gegen 10 Mass Wasser des Tages trank, blieb immer ein Gefühl von Trockenheit im Schlunde zurück. Etwas später — im December — trat auch vermehrtes, ebenso unstillbares Hungergefühl auf, und trotzdem er sehr viel der verschiedenartigsten Nahrungsmittel — am meisten aber Brot — verzehrte, magerte er so rasch ab, dass er schon im März 1869 sich nicht mehr auf den Beinen erhalten konnte und in seine Heimat gebracht werden musste. Daselbst nahm nach viermonatlicher Ruhe im Bette, während welcher Zeit grosser Hunger und Durst und massenhafte Harnabsonderung im Gleichen geblieben waren, seine Kraft etwas zu; er konnte wieder aufstehen, etwas herumgehen, ermüdete aber bald. — Im Herbste 1869 bemerkte er zuerst am rechten Auge eine rasch zunehmende Abschwächung des Sehvermögens, die im October auch das andere Auge ergriff.

In diesem trostlosen Zustande kam er im Sommer 1870 nach Wien auf die Augenklinik der Josefs-Akademie, wo man nach Erkenntniss seines Leidens seinem Wunsche nach Beseitigung der getrübten Linsen nicht willfahren konnte.

Die Sommermonate August und September brachte er auf einer Abtheilung zu, wo man ihn keiner besonderen Behandlung unterzog, sondern sich einzig und allein darauf beschränkte, seinem überaus gesteigerten Bedürfnisse nach Speise und Trank nach Möglichkeit gerecht zu werden. Bei dieser Lebensweise hatte sich sein Zustand seit seiner Ankunft nicht wesentlich geändert.

Anfangs October wurde er auf die medicinische Klinik übernommen. — Bei der daselbst vorgenommenen Untersuchung fand man den Kranken klein, von schwachem Knochenbau und sehr abgezehrt; sein Gewicht betrug 31200 Grm. = $56^1/_2$ Wien. Pfund. Seine Kraft ist gering, er ermüdet bald; die Haut allenthalben spröde und trocken, die Linsen beider Augen cataractös getrübt, an den übrigen Sinnesorganen nichts Krankhaftes. Die

Schleimhaut des Mundes, der Zunge und des Rachens ist blassroth, feucht, ohne Beleg, das Zahnfleisch locker, von den Zähnen zurück- und abgehoben, so dass diese namentlich im Unterkiefer ganz lose und wacklig sind; aus dem Munde strömt ein eigenthümlich süsser, fader Geruch.

Die Untersuchung der Brust- und Bauchhöhle zeigt nichts Abnormes

Die Defaecation ist etwas verlangsamt, die Faeces hart und knollig; das Harnen geschieht 10—12mal in 24 Stunden, und wird jedesmal durchschnittlich $^1/_2$ Liter entleert.

Der Harn ist gelb, grünlich schillernd, dick und ölig fliessend, von deutlich süsslichem Geruche, nahezu klar und durchsichtig, ohne Sediment. Die 24stündige Menge 5400 CC., das spec. Gewicht 1035. Durch Kochen mit Kalilauge wird er intensiv orangegelb gefärbt, schwefelsaures Kupferoxyd wird in der Kochhitze rasch und schön durch ihn reducirt. Die genaue quantitative Bestimmung des Zuckers mittelst titrirter Kupferlösung ergibt 6·4% — daher die Gesammtmenge des für diesen Tag ausgeschiedenen Zuckers 345 Grm. — Die weitere mikroskopische und chemische Untersuchung desselben liefert sonst nichts Abnormes.

Von subjectiven Symptomen werden vom Kranken fortdauerndes Gefühl von Trockenheit im Munde und Schlunde, trotzdem davon objectiv wenig wahrnehmbar ist, unstillbarer Hunger und Durst angegeben.

Die Diagnose war nach der Untersuchung des Harnes auf *Diabetes mellitus* zu stellen und zwar nach der grossen täglichen Harnmenge, dem hohen spec. Gewichte und Percentgehalte an Zucker, sowie den Verheerungen, welche der Krankheitsprocess nach kurzer Dauer bereits in dem jugendlichen Organismus angerichtet hatte, auf die schwerere Form desselben, bei welcher die Zuckerausscheidung selbst durch absolute Fleischnahrung nicht zum Stillstande kommen dürfte, die also auch aus stickstoffhältigen Nahrungsmitteln Zucker bereitet und ausführt.

Die Prognose war unter solchen Umständen fast mit Sicherheit als ungünstig zu stellen. Die Machtlosigkeit unserer therapeutischen Hilfsmittel gegenüber dieser verderblichen Erkrankung überhaupt, das rapide Auftreten derselben in unserem Falle,

die immerhin lange Dauer der schlecht geregelten Lebensweise seit ihrem Beginne und die aus dem Status praesens zu ersehenden Verwüstungen, die der Organismus bereits erlitten hatte, sprachen als gewichtige Momente gegen eine Hoffnung auf Genesung; dagegen liess sich doch annehmen, dass es bei entsprechend eingerichteter Lebensweise, namentlich bei strenger Durchführung einer unausgesetzten Fleischnahrung — vorausgesetzt, dass der Kranke dieselbe willig annehmen und vertragen würde — gelingen könnte, den verderbenden Einfluss der Krankheit wenigstens einigermassen abzuschwächen und so das Leben desselben länger zu fristen, als es bei der Fortdauer der jetzigen Verhältnisse, namentlich der unbeschränkten Nahrungsauswahl, voraussichtlich gedauert hätte.

Bei dem viel gerühmten günstigen Einflusse der Karlsbader Quellen auf die Zuckerausscheidung wäre es vor allem angezeigt gewesen, den Kranken nach diesem Curorte zu schicken, obwohl alle Zeichen dafür sprachen, dass auch die dort gebräuchlichen therapeutischen Massnahmen für die Dauer den Erfolg versagt hätten. Da jedoch diese Art der Behandlung dem Kranken unzugänglich war, wurde er eben für die Klinik übernommen.

Hier stellte ich mir zwei Aufgaben: erstlich durch unausgesetzt fortgeführte, sorgfältige Bestimmungen der wichtigsten Harnbestandtheile bei genau bekannter Einfuhr von Nahrungsmitteln einen Einblick in die Art und den Gang der Ausscheidungen zu gewinnen und nebenher eine Reihe von Medicamenten zu prüfen, welche bald von dieser, bald von jener Seite als auf diese Krankheit günstig wirkend bezeichnet worden waren. Auch diese sollten nicht nur vorübergehend dargereicht, sondern in längeren Versuchsreihen ihre Wirksamkeit erprobt werden.

Eine besondere Schwierigkeit war es, die Forderungen einer wissenschaftlichen Untersuchung mit den Gesetzen der Humanität — namentlich einem so schwer Kranken gegenüber — in Einklang zu bringen. Jedermann, der sich je mit derartigen, so zu sagen am Krankenbette angestellten Versuchen abgegeben hat, wird es bekannt sein, wie sehr man oft, wenn man auch alles — Einführung von Speisen und Getränken, Darreichung von Medicamenten, Aufsammlung der Ausscheidungen u. dgl. — persönlich überwacht, noch durch die Widerspänstigkeit und

Launenhaftigkeit namentlich weniger gebildeter Kranker in seinen Ausführungen gestört wird und dass ein unbewachter Augenblick, da man doch den Kranken nicht wie ein Versuchsthier einsperren und von aller Welt abschliessen kann, hinreicht, die Resultate der Untersuchung zu fälschen. Es empfiehlt sich daher in solchen Fällen am besten jene Methode, nach welcher man den Kranken selbst für das Experiment und dessen Gelingen gewinnt, ihm durch Vorstellungen und Überredungen, sowie hauptsächlich durch jede von unnöthiger Strenge und quälender Pedanterie entfernte schonende und zarte Behandlung Vertrauen einflösst. Daher ist es auch besser, ja geradezu nothwendig, die Wärter als Mittelspersonen thunlichst auszuschliessen; denn einerseits können diese dem einen Kranken allein nicht jene Sorgfalt angedeihen lassen, deren er bedarf und verderben oft durch mangelhafte Einsicht mehr als sie helfen, andererseits fügt sich der Kranke lieber dem Arzte als dem Wärter und berührt es ihn angenehm, dass er der Gegenstand besonderer ärztlicher Fürsorge ist. Endlich ist es für den, der den Versuch anstellt, nothwendig, bei allem, was geschieht, selbst anwesend zu sein, alles selbst zu sehen und zu leiten, wenn er sich nicht selbst zum Zweifler an den erhaltenen Resultaten machen will.

Es ist dies wohl alles selbstverständlich; indess ein Experiment im chemischen oder physiologischen Laboratorium ist von einem an der Klinik angestellten durch die Schwierigkeit der Umstände und Unsicherheit der Handhabung so sehr verschieden, dass es nicht überflüssig schien, darauf mit einigen Worten hinzuweisen.

So gelang es, auch unseren Kranken von der Nothwendigkeit dessen zu überzeugen, was mit ihm geschah; er gewöhnte sich bald, seinen Harn selbst sorgfältig zu sammeln, vor jeder Defaecation, damit dabei nichts verloren gehe, die Blase zu entleeren und nichts von Speise und Trank zu sich zu nehmen, was ihm von ärztlicher Seite nicht erlaubt gewesen wäre.

Die täglich einzuführenden Nahrungsmittel wurden im Anfange jeder Versuchsreihe genau durch Mass und Gewicht bestimmt; eine Analyse derselben täglich vorzunehmen, wäre unmöglich und in Anbetracht der ungleichen Zusammensetzung, sowie unausweichlicher, wenn auch geringfügiger qualitativer

täglicher Veränderungen der Kost unnütz gewesen; überdies kam es mir auf eine Entscheidung von Fragen, wozu absolut genaue Kenntniss des Ein- und Ausgeführten unerlässlich ist, nicht an; deshalb habe ich auch keine Analyse der Faeces vorgenommen.

Dessen ungeachtet wird eine Berechnung des eingeführten Stickstoffes und damit eine Vorstellung der Stoffwechselvorgänge wenigstens in groben Zügen gegeben werden können, mit denen man sich wohl noch für lange Zeit bei Untersuchung krankhafter Zustände wird begnügen müssen.

Der Harn wurde täglich um 7 Uhr Morgens zur Untersuchung weggenommen.

Die Bestimmungen der Harnbestandtheile geschahen mittelst Titerflüssigkeiten, die ich mir selbst im Laboratorium des Herrn Prof. Schneider bereitete. Ich kann es mir bei dieser Gelegenheit nicht versagen, demselben hier für sein freundliches und wohlwollendes Entgegenkommen meinen aufrichtigsten Dank auszudrücken.

Diese Titerflüssigkeiten wurden auf das Sorgfältigste geprüft, einmal durch die Gewichtsanalyse, welche genau die Menge der verwendeten Substanz in einem bestimmten Flüssigkeitsvolumen ergab, andererseits durch einen Körper, für welchen dieselbe bereitet war, und kamen, nachdem sie vollkommen richtig befunden waren, in Verwenduug.

Es waren dies zur Bestimmung des Zuckers die Fehling'sche Kupferlösung, wie ihre Bereitung von Neubauer angegeben wird, mit der Modification, dass die Kupfer- und Seignettsalzlösung für sich und daher doppelt concentrirt bereitet wurden, weil sie sich so besser halten; für die Kochsalz- und Harnstoffbestimmung die Liebig'schen Quecksilberlösungen; für die Phosphorsäure eine Lösung von salpetersaurem Uranoxyd, welches leichter als das essigsaure zu beschaffen ist und auch sich länger hält.

Die Harnstoffbestimmungen geschahen durchaus mit Einhaltung der dabei üblichen Correcturen.

Bei der täglichen Vornahme der Harnanalysen wurde ich bestens durch Herrn Oberarzt Dr. Egger unterstützt.

Ich führe die Ziffernreihe der täglichen Ausscheidungen in tabellarischen Abschnitten vor, wie sie der Zeit nach den auf ein-

ander folgenden Perioden einer bestimmten Ernährung oder gleichzeitigen Darreichung eines Medicamentes entsprechen. Die in der Columne „Nahrung“ angegebenen Gewichtsbestimmungen beziehen sich auf schon zubereitete Speisen.

Die Procentzahl der Harnbestandtheile führe ich nicht an, weil sie nichts aussagt und eine zu grosse Ziffernreihe nur störend wirkt. Die Bruchtheile der Ziffern für Zucker, Harnstoff und Chloride habe ich weggelassen und nach üblicher Weise die ganze Zahl, bei der Ziffer der Phosphorsäure die Zehntel darnach corrigirt; ebenso habe ich die Ziffer der täglichen Harnmenge immer abgerundet.

Ich will mich gleich hier gegen jeden Vorwurf, der mich wegen dieser willkürlichen Veränderungen treffen könnte, verwahren: Erstlich handelt es sich in diesen Versuchen nicht wie in denen von Parkes[1], dem Voit[2] diesen Vorwurf machte, um absolute, sondern meist relative Zahlenverhältnisse; zweitens muss sich der dadurch verursachte Fehler ausgleichen, da er jeden Tag trifft und, wie wohl anzunehmen, bald auf diese, bald auf jene Seite fällt; drittens ist derselbe in Anbetracht der täglichen Ausscheidungsgrössen gering anzuschlagen, da sein Maximum nur 5 CC. Harn und was darin enthalten ist beträgt, eine Menge, die trotz angewandter Genauigkeit auch beim Aufsammeln wohl hie und da verloren gehen kann.

Die Menge der gereichten Medicamente und andere Einzelnheiten sind in jeder Tabelle ersichtlich gemacht; am Schlusse derselben findet sich die Angabe des jeweiligen Körpergewichtes, sowie der Mittelzahlen aller Ausscheidungen, zu deren Berechnung die mit * bezeichneten Tage nicht einbezogen sind.

Ich konnte es bei einer Aufführung dieser Mittelzahlen allein nicht bewenden lassen, weil sie wohl einen Einblick in das Schlussresultat, aber nicht in die genauere Bewegung der Ausscheidungsgrössen ermöglichen.

Nach diesen Vorbemerkungen gehe ich zur Darlegung und Besprechung der erhaltenen Resultate.

---

[1] Proc. of the Roy. Soc. Nr. 94, 1867.

[2] Zeitschrift für Biologie, 1870.

Tabelle I.

Harnmenge	Spec. Gewicht	Zucker	Harnstoff	NaCl	PO_5
5400	1035	345	—	—	—
5440	1035	413	—	—	—
3820	1054	262	Diarrhoe		—
5040	1036	352	—	—	—
5380	1032	358	—	—	—
5380	1039	365	—	—	—
4980	1041	301	—	—	—
5800	1042	429	—	—	—
4700	1041	330	70	24	2·7
5470	1040	414	63	27	3·2
6160	1041	437	66	31	3
Mittelzahl					
5234	1038	364 145·5 C.	66 30·8 N	27	3

Körpergewicht 31220 Gr.

Sie zeigt die Ausscheidungen bei sogen
Kost.

Es ist vornehmlich auf die Bestimmung
Verhältnissen im Harne erscheinenden Zucker
genommen, um eine Reihe als Vergleichsbasis
verschiedenen späteren Beobachtungen zu gew
tung der Titerflüssigkeiten für Harnstoff, Chlori
war erst in den letzten Tagen dieser Reihe b
Bestimmung dieser Harnbestandtheile nicht mö

Der Kranke genoss täglich die genau ange
mengen, welche sich hinsichtlich ihres Stickst
gender Weise berechnen lassen:

Den Stickstoffgehalt des Fleisches, we
3·4% beziffert, kann man nach den neueren Ana

---

[1] Physiologisch-chemische Untersuchungen S.

[2] Seegen: Zur Frage über die Ausscheidung
im Körper zersetzten Albuminate. Sitzungsberichte d
Bd. 63, II. Abth.



und besonders Nowak[1], welche viel höhere Ziffern erhalten haben, vielleicht mit 3·5% annehmen, da das durch eine Küche verabfolgte Fleisch nicht jene Reinigung von Fett erfährt, wie sie bei den Stoffwechselversuchen von Voit, Seegen u. A vorgenommen wurde, und die Zubereitung für denMenschen noch andere Veränderungen nach sich zieht[2]. Darnach enthalten 280 Grm. Fleisch 9·8 Grm. Stickstoff; der Stickstoffgehalt des Brotes mit 1·28%[3] gerechnet, beträgt die N-Menge von 455 Grm. Brot 5·82 Grm., die der anderen Mehlspeise mit demselben angenommenen Percentgehalte 3·84 Grm., der N in 350 CC. Milch 2·20[4], und nehmen wir endlich an, 100 CC. einer kräftigen Fleischbrühe, wie sie der Kranke bekam, enthielten 0·5 Grm. N, so wären durch 1400 CC. 7 Grm. N eingeführt worden. Alles zusammen ergibt etwa 29 Grm. täglicher Einnahme an Stickstoff, wobei auf Gemüse, Wein und Mandelmilch keine Rücksicht genommen ist.

Betrachten wir uns dem gegenüber das durch den Harn Ausgeschiedene, so finden wir im Harnstoffe allen eingeführten Stickstoff wieder und noch ein kleines Plus, das jedoch ganz wohl dem in der Nahrung aus Gemüse u. s. w. nicht berechneten entsprechen könnte. Die Mittelzahl des ausgeführten Harnstoffes ist zugleich für den 31 Kilo schweren Menschen bei der gemischten Kost eine so bedeutende, dass schon hier darauf hingewiesen werden muss, und wenn wir noch hinzu die Ziffer des durch den Zucker ausgeführten Kohlenstoffes erwägen, so zeigt sich in der That gleich in der ersten Tabelle eine wahrhaft massige Umsetzung von Nahrungsbestandtheilen und Abscheidung ihrer Zersetzungsproducte in diesem kleinen Körper. Dies spricht sich auch schon aus in der hohen Ziffer des täglich ausgeschiedenen Harnes und seines spec. Gewichtes.

Bei dieser Grösse der täglich ausgeschiedenen Harnmenge lassen sich Differenzen selbst um mehr als 100 CC. leicht begrei-

---

1 Über den Stickstoffgehalt des Fleisches, ebendaselbst. 1871. B. 64, II. Abth.

2 Ranke. Du Bois Reichert's Archiv 1862.

3 Voit bei Bischoff u. Voit S. 298 und Zeitschrift für Biologie 1865. S. 300.

4 Voit, DerEinfluss des Kochsalzes etc. auf den Stoffwechsel, S. 71.

fen; die geringste tägliche Harnmenge, 382(gleichzeitige flüssige Stuhlentleerungen zu ei spec. Gewicht und Zuckerpercent stimmen mit und die höchste Zahl 6160 hat wahrscheinli einer unbewachten Mehraufnahme von Flüssig

Die grosse Menge der Chloride im Harn deutenden Harnmenge um so weniger überrascl in den täglichen 1400 CC. Fleischbrühe allein Kochsalzmenge einführte.

Die Ziffer der Phosphate ist nicht bedeut Allgemeinen zu der des ausgeschiedenen Harn

Die Zuckerausfuhr endlich erreicht die hö wir bei Diabetes-Kranken finden können; sie gemeinen mit der Harnmenge in denselben G derselben, nicht immer aber mit dem spec. G kann, wie die auf einander folgenden Zahlen ! nahezu demselben Zuckergehalte um 7 in de differiren.

Tabelle II.

Harn-Menge	Spec. Gewicht	Zucker	Harn-stoff	NaCl	PO_5
4710	1040	237	92	33	3·5
2370	1031	100	56	17	2·6
2980	1022	75	55	13	2·9
3730	1020	79	67	15	3
4670	1035	294	75	17	3*
2730	1035	109	71	11	3
4120	1021	92	87	17	4
3990	1026	112	94	—	—
3970	1023	102	103	12	—
3810	1027	101	90	18	3·7
3860	1030	116	94	19	4
4210	1031	113	94	20	4
4220	1031	118	92	20	4·7
4160	1033	91	94	19	5·7
4510	1035	149	107	18	5·5
4490	1030	112	94	18	5·2
3670	1032	94	75	17	5·5
Mittelzahl					
3846	1029	112 44·8 C.	85 39·66 N	17	4

Körperge wicht 31720.

Diese Reihe zeigt die Art und Grösse der Ausscheidungen durch den Harn bei vollkommener Fleischnahrung.

Die angesetzte Fleischmenge hatte der Kranke gleich am ersten Versuchstage als diejenige bezeichnet, wobei er keinen Hunger zu leiden brauche, sie blieb ihm daher zur täglichen Verfügung gestellt. Gleichwohl verzehrte er dieselbe nicht ganz in den ersten Tagen, da seine Esslust durch inzwischen aufgetretene flüssige Stuhlentleerungen etwas beeinträchtigt war. Erst nachdem diese durch Tannin zum Stillstande gekommen waren, erwachte sein früherer Appetit wieder und er verzehrte fortan die gebotene Menge.

Diese Vorbemerkung ist durchaus nothwendig zum Verständnisse des Verhältnisses zwischen Ein- und Ausfuhr in dieser Versuchsreihe. Die täglich eingeführte Stickstoffmenge beträgt nämlich jetzt nach den früheren Auseinandersetzungen über diesen Punkt etwa 43 Grm.; davon finden wir nur etwa 40 Gr. in der Ausscheidung durch den Harn und doch ist kein Ansatz an Körpermasse zu verzeichnen. Dies kann nur durch die Eingangs erwähnten Vorfälle erklärt werden.

Mit den flüssigen Stuhlentleerungen gingen in den ersten Tagen unbekannte Mengen von Stoffen verloren, die sonst durch den Harn zur Ausscheidung gekommen wären; daher ist die Ziffer des Harnstoffes, Zuckers u. s. w. an diesen Tagen geringer, wozu übrigens noch beiträgt, dass auch die Nahrungsaufnahme nur unvollkommen war. Die Ziffern der zweiten Hälfte dieser Reihe, in welcher schon wieder normale Verhältnisse walteten, besitzen in der That mit Ausnahme zweier schon eine grössere Gleichmässigkeit, entsprechen aber doch nicht ganz in ihrer Höhe dem täglich eingeführten Nahrungsquantum; vielleicht dass durch die vollständig aufgenommene und gut verdaute Nahrungsmenge der letzten Tage dieser Reihe ein Ersatz für das in den ersten Tagen durch die profusen Stuhlentleerungen Verlorengegangene geleistet, also etwas zurückbehalten wurde.

Die hohe Ziffer der Zuckerausscheidung am fünften Tage dieser Reihe erklärt sich durch ein Missverständniss des Koches, welcher Tags vorher dem Kranken wieder dieselbe Portion hatte

zukommen lassen, wie sie in der ersten T
wurde. Zu bemerken wäre ferner, dass, ol
schon am Vortage der neuen Versuchsreihe
genossen hatte, sich die Ausscheidungen des
sehr kenntlich an die der vorhergehenden R
dies namentlich die Ziffer des Zuckers und de
ein Umstand, auf den wir später besonders b
medicamentösen Stoffen noch wiederholt zurü
und worauf deshalb hier blos hingewiesen wir

Auffallend sind auch die hie und da vo
lichen Sprünge in den Ausscheidungsziffern.
haften Aufsammlung des Harnes können sie ni
gerade bei ihnen die Ausscheidungsziffer h
daher annehmen müsste, dass alle anderen T
gegangen sei. Seegen, dem derartige Unre
der Ausscheidung wiederholt bei seinen F
vorgekommen waren, zieht daraus den Schlus
für so kurze Zeiträume, wie 24 Stunden, Ein-
parallel mit einandergehen[1], wie dies Voit[2]
vorhebt; neuerdings jedoch erklärt sie der
schwankenden Stickstoffgehalte des Fleisches.

Die Zuckerausscheidung ist durch die V
nährungsweise um eine so bedeutende Grö
worden, wie wir dies nach den später vorzuf
durch kein Medicament bewirken konnten.
Chlorausscheidung erklärt sich durch den Ai
nahme in Brot, Mehlspeise, Gemüse und Milc
riode. Harnstoff- und Phosphorsäureausfuhr e
der hohen Einnahmsziffer, trotzdem muss si
eine nicht nur für den kleinen Organismus, so
hohe bezeichnet werden.

Das Gesammt-Resultat dieser Versuchsr
Fleischnahrung lässt sich daher kurz zusamme
minderung der Harnmenge und des

---

[1] Sitzungsberichte der Wiener Akademie 186
[2] Zeitschrift für Biologie, Band II.
[3] Sitzungsberichte der Wiener Akademie 1871

tes, des Zuckers und der Chloride, Vermehrung des Harnstoffes und der Phosphorsäure in den Ausscheidungen, und zwar um

HM.	Spec. Gewicht	Zucker	Harnstoff	NaCl	PO_5
—1388	—0009	—254	+19	—10	+1

Tabelle III.

Harn-Menge	Spec. Gewicht	Zucker	Harn-stoff	NaCl	PO_5	*Extract. Opii*	Zufälle	Nahrung
4020	1033	117	88	18	4·7	160 Mg.		1000 Gr. Fleisch, und zwar 700 Gr. theils Rind- und Kalbfleisch, 300 Gr. Hühnerfleisch, 1750 CC. Fleischsuppe, Mandelmilch in absteigender Menge von 2520 CC.
2730	1034	68	61	13	4·5	160		
3020	1030	71	70	16	4·6	240		
2950	1030	62	65	16	4·2	240		
3540	1031	89	85	16	5·7	240		
3520	1032	74	81	16	5·6	240		
3820	1034	92	96	24	5·6	260	Körp. Gew. 34400	
3200	1032	67	80	26	4·6	260		
3590	1033	86	83	23	5·1	260		
3300	1034	72	51	15	3·3	320		
3080	1036	70	82	16	5	320		
3090	1037	68	77	21	4	320		
3030	1033	75	67	21	4·8	320		
2640	1036	58	74	17	4·3	320		
2460	1034	64	83	14	4·7	320		
2700	1034	62	76	18	4·3	320		
3060	1033	64	67	20	4·8	320		
2650	1036	69	69	17	4·5	320		1000 Gr. Fleisch, 1750 CC. Fleischsuppe, Mandelmilch 1260 CC.
2510	1040	70	—	17	—	320		
2430	1036	60	—	—	—	320	Körp. Gew. 33400	
2520	1033	60	—	—	—	400		
2330	1034	45	58	16	—	480		
3140	1027	37	74	22	—	480		
2580	1035	50	80	21	—	560		
2650	1034	41	80	18	—	640		
2140	1032	28	73	11	—	640	Koprostase Klysmen	
830	1035	10	22	4	—	240*	zahlreiche flüssige	
720	1034	12	16	3	—	—*	Stuhlentleerungen	
1880	1033	34	53	8	—	640	breiige	
1900	1025	13	50	11	—	640		
2290	1024	Spur	57	9	—	640	normaler Stuhl	
2540	1025	„	55	9	—	640		
2270	1025	—	52	8	—	720	breiige Entleerung	
1400	1027	—	33	7	—	720	flüssige	

Harn-Menge	Spec. Gewicht	Zucker	Harnstoff	NaCl	PO_5	*Extract. Opii*	Zufälle	Nahrung
1750	1027	Spur	46	6	—	720	Gewicht 33330	1000 Gr. Fleisch, 1750 CC. Fleischsuppe, 1000 CC. Mandelmilch.
1710	1030	"	51	10	—	720	normaler Stuhl	
2440	1028	"	86	12	—	720		
2180	1030	12	76	6	—	800		
1800	1032	18	93	6	—	880		
2370	1030	Spur	109	9	—	880		
1990	1031	"	—	7	—	960		
2270	1029	"	100	11	—	960		
2020	1030	"	92	10	—	1040		
2700	1030	"	108	8	—	1120	Gewicht 35050	
2900	1029	—	108	11	—	1200		
1660	1027	—	68	5	—	1200		
1470	1029	—	65	5	—	1200		
2100	1027	—	74	7	—	1200		
1930	1029	—	73	5	—	1200		
2600	1030	Spur	98	8	—	1200		
2010	1035	16	100	7	—	1200		
2180	1035	22	95	8	—	1200		
2180	1037	39	102	6	—	1200		
1990	1036	22	107	8	—	1200		
2170	1034	25	108	8	—	1200		
2500	1035	33	109	14	—	1200		
2200	1035	24	101	16	—	1440		
2280	1036	34	109	18	4·8	1500		
2300	1030	30	94	13	4·2	1600		
2240	1035	29	110	17	4·8	1700		
1990	1035	20	108	15	4·3	1700		
1990	1031	20	104	16	4·4	1760		
2010	1035	24	97	15	4·4	1800		
1970	1036	22	110	16	4	1800		
2250	1036	32	115	20	3·7	1900		
2200	1036	33	99	22	4·6	2000		
1700	1035	20	95	10	3·8	—	Gewicht 35300	

Mittelzahl.

2448	1032	34 13.6 C	82 38·26	13	2·6 4·5

Körpergewicht 34300.

Diese Tabelle enthält die Ergebnisse einer durch einen Zeitraum von 67 Tagen angestellten Beobachtungsreihe über den Einfluss des Opiums auf die Stoffwechselvorgänge im Diabetiker.

Wie man sieht, ist die Menge und Beschaffenheit der täglich eingeführten Nahrung in dem dieser Tabelle entsprechenden Zeitraume gleich jener des vorhergegangenen, wie es des Vergleiches wegen nothwendig war. Diese Gleichmässigkeit in den Nahrungsverhältnissen liess sich um so leichter herstellen und auch für die Folge festhalten, als der Kranke auf wiederholtes Befragen immer seine volle Zufriedenheit damit äusserte, mit dem Dargebotenen genug zu haben erklärte und dasselbe stets vollständig verzehrte; nur in Betreff der eingeführten Flüssigkeitsmenge stellte sich insoferne eine Veränderung ein, als der Kranke nach und nach mit fortschreitendem Opiumgenusse bis auf die Menge von 1 Liter Mandelmilch täglich neben der gleichbleibenden Menge Fleischbrühe herunterkam, da das Durstgefühl sich stetig verminderte.

Als Opiumpräparat wählte ich zur Darreichung *Extractum Opii aquosum*, da das käufliche Opium oft mit zu viel fremdartigen unnützen Bestandtheilen verunreinigt ist und andererseits der Alkohol der *Tinctura Opii* eine wenn auch noch so geringe, nicht beabsichtigte Nebenwirkung haben konnte. Von diesem wurde eine grössere Partie — hinreichend für eine lange Versuchsdauer — angekauft, in einer Probe der Gehalt an Morphium mit 13·76 % bestimmt und täglich die einzuführende Menge abgewogen, welche der Kranke in meiner Gegenwart nehmen musste. Er wählte die Form einer wässerigen Lösung des Medicamentes, die ihm in den ersten Tagen des Versuches auf einmal, später, als die täglich darzureichende Menge wuchs, in fünf bis sechs Abtheilungen gereicht wurde. Ich begann mit 160 Mgrm. = etwa 2 Gran, einer Dosis, die man bei verschiedenen Zuständen täglich zu geben pflegt, und ging allmälig, immer vorsichtig die durch das Medicament hervorgerufenen Erscheinungen beobachtend, um nach Nothwendigkeit gleich damit aussetzen zu können, zu höheren Gaben. Es stellten sich jedoch — selbst nach den höchsten Dosen — keinerlei beunruhigende Symptome ein. Zunächst wurde der Durst geringer und das Gefühl von

Trockenheit und Kratzen im Halse verlor si
den Kranken öfter ein Gefühl von Wärm
des Körpers, namentlich im Gesichte, Juck
auf und sogar etwas Schweiss zeigte sich,
Fall gewesen war. Bald gab er auch an, dass
besser schlafe, wohl schon deshalb, weil er je
Nachts harnen müsse, was früher einigemale
bei Tage drängte ihn jetzt oft ein Gefühl vo
Bett aufzusuchen, der Schlaf war jedoch sc
sehr häufig, oft bei dem geringsten Geräusc
der erwachte. Diese Schläfrigkeit steigerte s
höchsten Opiumgaben so weit, dass der Kra
wie in einem Rausche herum. Schluchzen, n
genommener Mahlzeit, trat in den späteren
suchsreihe ziemlich häufig auf, ging jedoch
ein höchst selten sich einstellendes Gefühl
rasch vorüber. Das Bewusstsein blieb immer
keinerlei kephalische Erscheinungen und au
functionirten wie früher.

Die unangenehmste aller Wirkungen de
jene auf den Darmcanal, namentlich zu Anf
bis der Kranke sich daran gewöhnte; und
gerade die hartnäckigen Kothanhäufungen,
Gebrauche von Opiumpräparaten sich imme
sonders in unserem Falle bei der immerhin
beträchtlich wurden — an und für sich, w
belästigten und das Experiment beeinträcht
den Koprostasen folgenden flüssigen Stuhle
man die Entfernung der angehäuften Fäcalm
künstlich durch einfache Klysmen angeregt o
lassen haben; zugleich war zur Zeit dieser
gen des Darmes die Esslust stets etwas ver
gemeinbefinden alterirt. Erst in den letzten
in denen doch die genommenen Opiummeng
beträchtliche Höhe steigen, stellte sich merk
Art Gleichgewichtszustand, eine Rückkehr
normalen Verrichtungen und eine den Zwec
fördernde und befriedigende Gleichmässigke

dungen ein, wie ein Blick auf die Tabelle lehrt. Besonders deshalb und um die Wirkung des Opiums recht deutlich zu erproben, musste das Ende dieser Versuchsreihe so weit hinausgesteckt werden. — Nun zu den erhaltenen Resultaten.

Wie schon oben bemerkt wurde, zeigte sich die Wirkung des Opiums zunächst in einer stetigen Verminderung des Durstgefühles. Dem entsprechend sehen wir auch die Harnmenge mit fortlaufendem Opiumgebrauche sich allmälig aber stetig vermindern und in den letzten Tagen dieser Versuchsreihe um die Ziffer von 2000 CC. schwanken. — Die geringen Harnmengen während der Zeit der flüssigen Darmentleerungen verdienen selbstverständlich keine Beachtung, da sie nicht directe Opiumwirkung vorstellen.

Das specifische Gewicht zeigt im Ganzen eine geringe Erhöhung gegenüber dem der Vorperiode, jedoch — mit Ausnahme der letzten Tage — weniger Gleichmässigkeit. Diese Erhöhung des spec. Gewichtes bei der bedeutend geringeren Zuckerausscheidung könnte aus den Mittelzahlen der bestimmten festen Bestandtheile, welche insgesammt kleiner als die der Vorperiode sind, unmöglich erklärt werden; sie kommt jedoch zumeist auf Rechnung der hohen Gewichte des Harnes der letzten Tage, in denen auch die Menge der ausgeschiedenen festen Bestandtheile damit vollkommen übereinstimmt. Immerhin ist es jedoch bemerkenswerth, dass der Einfluss einer Zuckerverminderung im Harne auf das spec. Gewicht desselben durch Vermehrung anderweitiger fester Bestandtheile ausgeglichen, ja sogar überboten werden kann, mit anderen Worten: dass das spec. Gewicht des Harnes von Diabetikern, deren Zuckerausscheidung durch was immer für Einflüsse auf ein Minimum herabgesetzt wurde, wegen der grossen Menge der vorhandenen anderen festen Bestandtheile, besonders bei gleichzeitig geringerem Harnquantum immer noch ein sehr hohes ist, dass demnach der Zucker nicht allein daran Theil hat und es daher nicht gestattet ist, aus der Höhe des spec. Gewichtes allein auf ein gewisses Zuckerquantum im Harne zu schliessen.

Noch eine Eigenthümlichkeit des spec. Gewichtes stellt sich uns bei Betrachtung der Tage der flüssigen Darmentleerungen dar: die Verminderung desselben erscheint viel später, als die in Folge des Wasserverlustes durch den Darm eingetretene Verringerung der Harnmenge und dauert dann für längere Zeit an.

Die Ziffer der Zuckerausscheidung sinkt allsogleich nach Beginn der Opiumeinnahme um ein Bedeutendes und fortan stetig mit steigender Gabe; eine Vergleichung der fortschreitenden Zifferreihe der Zuckerausscheidung mit der des einverleibten Opiums lehrt, dass die Wirkung desselben am entschiedensten gleich in den Ausscheidungen des nächsten Tages bemerklich wird, sich bei gleichbleibender Gabe wieder etwas mindert und neuerdings sich kräftig äussert, sobald die frühere Gabe auch nur um ein Kleines vermehrt wurde. Diese Wirkungsweise machte es auch nöthig, immer grössere Mengen zu geben.

Endlich sehen wir bei der täglichen Gabe von 640 Mgr. für mehrere Tage die Menge des Zuckers im Harne bis auf Spuren und ganz verschwinden, wieder etwas zum Vorscheine kommen, bis nach täglichen Gaben von 1200 Mgr. 5 Tage hindurch auch keine Spur einer die Kupferlösung reducirenden Substanz zu entdecken ist; bald jedoch ist wieder Zucker nachweisbar und bleibt es, trotzdem die tägliche Opiumgabe bis zu der hohen und schon bedenklichen Ziffer von 2 Grm. in rascher Folge hinaufgeführt wird; jedoch ist die Ziffer der Ausscheidung hiebei nicht nur klein, sondern auch sehr gleichmässig geworden. Zu einer grösseren Gabe wollte ich nicht mehr greifen und brach daher den Versuch mit 2 Grm. *Extr. Opii* ab.

Betreffs dieser durch das Opium herabgedrückten Zuckerausscheidungsgrössen erscheinen einige Erörterungen am Platze.

Bekanntlich besitzen nicht alle diabetischen Harne die Fähigkeit, das schwefelsaure Kupferoxyd schön und vollständig zu Oxydul zu reduciren und als einen rothbraunen Niederschlag am Boden des Gefässes abzuscheiden, während die überstehende Flüssigkeit klar und farblos — wenn gerade genug — oder gelblich gefärbt erscheint, sobald zu viel Harnmischung zugetröpfelt wurde. Namentlich geht diese Fähigkeit häufig jenen Harnen ab, die von geringem Zuckergehalte sind, wie manche Harne von Hirn- und Rückenmarkskranken oder von Diabetikern, die sich

durch längere Zeit therapeutischen Massnahmen unterzogen und an absolute Fleischnahrung gewöhnt haben, besonders wenn sie gerade von Karlsbad heimgekehrt sind.

Auf diese Vorkommnisse hat schon Seegen[1] zu wiederholten Malen hingewiesen und auch mehrere Formen von Reactionen obengenannter Harne auf die Kupferlösung des näheren beschrieben.

Die Untersuchungen, die bisher sowohl von den eben genannten als noch vielen anderen Forschern unternommen wurden, um die Ursachen dieses eigenthümlichen Verhaltens mancher Harne zu ergründen, haben noch nicht zu vollkommen übereinstimmenden Resultaten geführt.

Während Winogradoff[2] in einer gleichzeitig im Harne vorhandenen grösseren Kreatininmenge das Hinderniss für das Zustandekommen der vollständigen Reduction und Abscheidung des Kupferoxyduls sieht, Maly[3] ihm darin beipflichtet und durch vielfältige Versuche gefunden hat, dass durch 4 Theile Kreatinin 1 Theil Harnzucker der Entdeckung durch die Trommer'sche Probe entzogen werden könne, läugnet Seegen[4] gestützt auf seine Versuche, diese Beeinträchtigung der Reaction durch das Kreatinin und schreibt dieselbe nur auf Rechnung der Farbstoffe und anderer im allgemeinen noch ungekannter Harnbestandtheile, welche besonders wenn sie in grösserer Menge im Harne vorkommen, jene Wirkung hervorbringen. Hiemit stimmt auch die Angabe Maly's[5], dass unbeschadet der Wirkung des Kreatinins, welche ja bei der gewöhnlich geringen Menge dieses Stoffes im Harne auch nur eine geringe sein könne, es doch hauptsächlich der Farbstoff und überhaupt alles, was durch Thierkohle entfernt werden könne, sei, dem die Be-

---

[1] Virchow's Archiv Bd. 21. und seine Monographie über den *Diabetes mellitus*. Leipzig 1870.

[2] Virchow's Archiv B. 27.

[3] Über die Trommer'sche Zuckerreaction im Harne. Sitzungsberichte der Wiener Akademie 1871. B. 63, Abth. II.

[4] Genügen die bis jetzt angewendeten Methoden, um kleine Mengen Zucker mit Bestimmtheit im Harne nachzuweisen. Sitzungsber. Wien 1871. B. 64, Abth. I.

[5] A. a. O.

hinderung der Reaction zugeschrieben werde
auch die Entfärbung des Harnes mittelst Thier
einer genaueren Zuckerbestimmung in demsel

Der Harnstoff beeinflusst nach Maly gar
säure — wenigstens in den gewöhnlich vork
— nur in höchst geringfügiger Weise die Zuc

Da nun Farbstoffe und die oben angef
kannten Bestandtheile in grösserer oder ge
jedem Harne vorkommen, so folgt, dass durc
wenn auch geringe Menge von Traubenzucke
nen der Entdeckung durch die Kupferlösun
sei es nun, dass dieselbe gleich ursprünglich v
erst nachträglich denselben beigemischt wu
behaupten denn auch die genannten Forscher,
Quantitäten Zuckers verschiedenen, von Ges
Harnen zusetzen könne, ohne dass man im St
durch die hierauf vorgenommene Trommer
zuweisen.

Über die Menge Zuckers jedoch, die
dem Nachweise entziehen könne, gehen di
auseinander. Kühne[1] gibt an, dass normaler
enthalten könne, den man nicht nachzuweisen
Seegen[2] dies bestreitet, da er schon nach
Zucker zu normalen Harnen eine deutliche
Kupferoxydul erhalte und Maly[2] führt an
10 CC. einer 1%igen Zuckerlösung zu 5 CC.
und keine Abscheidung von Kupferoxydul d
solche Weise $^2/_3$%ige — Mischung erfolgte,
Entfärbung der Kupferlösung.

Wie mich dünkt, könnte diese Verschiede
ben der nicht entdeckten Zuckermengen aus d
der verwendeten Harne erklärt werden, da i
mehr in dem anderen weniger der erwähnten
benden Stoffe darin enthalten sein konnte.

[1] Lehrbuch der physiol. Chemie 1868.
[2] A. a. O.

Wenn kleine Mengen Traubenzucker auch im Harne Gesunder vorkommen könnten, wie dies Brücke[1] durch eine besondere Methode gefunden hat, von Seegen[2] dagegen auf Grund der ausgedehntesten, von ihm zu diesem Behufe angestellten Untersuchungen aufs Entschiedenste in Abrede gestellt wird, so liesse sich auch noch auf andere Weise erklären, warum einigen Harnen weniger, andern mehr Zucker zugesetzt werden kann, der sich durch die Kupferlösung nicht nachweisen lasse. Man brauchte dann ganz einfach anzunehmen, dass einige Harne in ihrem Gehalte an Zucker dem Maximum, das sich durch die Trommer'sche Probe nicht auffinden lässt, näher, andere weiter davon entfernt sind, so dass bei ersteren schon ein geringer weiterer Zusatz die Reaction gut hervortreten lasse, während derselbe Zusatz in letzteren noch unentdeckt bleibt. Indess ist dieser Zuckergehalt gesunder Harne durch Seegen's eingehende Arbeiten mindestens sehr zweifelhaft geworden.

Dass jedoch, wie Huizinga[3] anführt, in concentrirten Harnen, wie sie etwa nach grossen Schweissverlusten ausgeschieden werden, bis zu 10% Zucker dem Nachweise entgehen können, ist unglaublich. Man könnte ja dann nur höchst selten Zucker im Harne nachweisen; denn dieser hohe Percentsatz kommt selbst beim höchstgradigen Diabetes nicht gerade häufig vor — ich kann daher jene Ziffer nur für einen Druckfehler halten.

Ich habe zu wiederholten Malen gewogene Mengen Traubenzuckers den verschiedensten Harnen zugesetzt und gerade sehr häufig concentrirte Fieberharne hiezu gewählt, konnte jedoch nie ein derartiges Resultat erhalten. Mengen, die noch unter $^1/_{10}$% des verwendeten Harnquantums betrugen, verriethen sich mir stets wenigstens durch eine Entfärbung der Kupferlösung, meist sogar durch eine deutliche, röthlich gelbe, lehmartige Trübung, stieg aber die zugesetzte Zuckermenge bis 1%, so war die quantitative Bestimmung derselben schon gut möglich, da das Oxydul sich schön von der Flüssigkeit abschied.

---

[1] Sitzungsberichte 29. Band.

[2] Sitzungsberichte 64. Bd., II. Abth.

[3] Pflüger's Archiv für gesammte Physiologie 1870. S. 496.

Wenn daher nach diesem Allen die Trom
zum Nachweise minimaler Zuckermengen im
ausreicht, so sind doch ihre Fehler nicht so
Resultate dieser Untersuchungen wesentlich
möchten.

So lange die Ziffer des Zuckerpercente
schwankte, war auch in unserem Falle noch
tative Bestimmung ausführbar; in den späte
gelangte ein Harn zur Ausscheidung, in wel
nauigkeit nicht mehr möglich war. Ich erhiel
genheit alle die von Seegen beschriebene
Reactionen; plötzlich entstehende lehmartig
Kupferlösung nach Zusatz bedeutender, entspr
Harnquantitäten — einfache röthlichfahle Entf
klar und durchsichtig bleibenden Flüssigke
eines äusserst zarten, bläulichweissen Anfluge
der Kupferlösung, oder nur eine schmutziggrün
selben, bis erst nach längerem Stehen und E
eine Art missfarbigen Niederschlages sich absc

Manchmal, jedoch selten gelang es, in s
genauere Zuckerbestimmung zu machen, wenn
in welchem eben eine der oben genannten T
entstanden war, luftdicht verschloss, erkalten
und neuerdings Harnmischung zutröpfelte; od
das Zuckerquantum nach der bis zum Eintritte
brauchten Harnmenge, um dasselbe nicht zu
gen; erst wenn nach Zusatz von sehr beträchtli
nur eine Entfärbung der Kupferlösung auftrat, h
Tabelle mit „Spuren" angeschrieben und „Θ
verzeichnet, an welchen durch den Harn, ab
durch die Mischung entstandenen Blässerwe
tones, keinerlei Veränderung im Aussehen der
lösung bemerkt wurde.

Übrigens habe ich mich wiederholt üb
dass die missfärbige Reduction zum grossen
die nun zur Ausscheidung kommenden bedeu
mengen bewirkt werden, da nach Ausfällun
der Harn manchmal die vor derselben vorh

verlor, die Kupferlösung zu verändern. Es könnte demnach die Harnsäure wohl die Reaction auf Zucker weniger schön und deutlich machen, jedoch – da sie selbst reducirend wirkt, nicht verhindern. In der That hat sich mir aus einigen Proben ergeben, dass der Zuckergehalt des Harnes bei Anwesenheit der Harnsäure um ein Geringes höher befunden wurde, als nach Entfernung derselben, und zwar entspräche nach gleichzeitig in denselben Harnen vorgenommenen Bestimmungen der Harnsäure ein Theil der letzteren 2·5 Theilen Zucker, so dass durch 1 Grm. vorhandener Harnsäure in diabetischen Harnen 2·5 Grm. Zucker zu viel angezeigt würden. Indess will ich hierauf wenig Gewicht legen, weil die Methoden für solche Untersuchungen noch zu unsicher sind. [1]

Endlich will ich hier bemerken, dass möglichst von Harnfarbstoffen freier Zuckerkalk, welchen man aus zuckerhältigen Harnen herstellt, ebenfalls eine missfarbige Zuckerreaction liefert, wie ich dies bei Versuchen Nowak's gesehen habe. Es wäre nicht unmöglich, dass geringe Zuckermengen auch in ähnlicher Art an gewisse Harnbestandtheile gebunden wären.

Die Harnstoffausscheidung tritt in der Mittelzahl um ein Geringes gegen die der Vorperiode zurück und zwar bemerken wir, dass die Verminderung nur die erste Hälfte der Versuchszeit trifft, während die zweite Hälfte sich durch sehr hohe Harnstoffziffern auszeichnet, so dass man hienach leicht versucht wäre, ein gewisses Verhältniss zwischen Zucker- und Harnstoffausscheidung anzunehmen.

Die flüssigen Stuhlentleerungen drücken nicht nur die Zucker- sondern auch die Harnstoffziffer tief herab und zwar lässt sich der grosse Ausfall dieser Stoffe im Harne nicht allein durch das geringe Harnquantum während dieser Zeit erklären, da auch die Ziffer des Percentes dieser Tage tiefer steht.

Es müssen daher bei flüssigen Darmentleerungen die Harnbestandtheile auf diesem Wege den Organismus verlassen.

---

[1] Vergl. Meissner und Babo. Zeitschrift für rationelle Medicin. 3. Rhe. II. Bd.

Hier ist zu erwähnen, dass ich jetzt zum ersten Male bei Gelegenheit der Harnstoffbestimmung mittelst Quecksilberlösung das frühzeitige Auftreten einer gelblichen Färbung des kohlensauren Natrons bemerkte, welche keineswegs das Ende der Reaction anzeigt, sondern nur sehr allmälig etwas zunimmt, während ein Überschuss von Quecksilber sich alsbald durch den bekannten grellgelben Farbenton verräth. Dieses Verhalten kann man bei Hundeharnen sehr häufig finden, woselbst es nach Voit[1] durch die Anwesenheit von Kreatinin veranlasst wird. Auch trat sehr häufig eine schön rosenrothe Färbung des Harnes nach Zusatz der Quecksilberlösung auf, die ich nicht näher zu erklären weiss.

Die Ausscheidungen an Kochsalz und Phosphorsäure bieten nichts Besonderes. Die Verminderung der ersteren kommt wohl auf Rechnung der flüssigen Stühle, nach denen auf eine allerdings überraschend lange Zeit hinaus die Ausfuhr der Chloride herabgesetzt erscheint. — Die Phosphate überwiegen in der Mittelzahl deswegen gegen die frühere Versuchsreihe, weil sie zur Zeit der flüssigen Darmentleerungen, wo ihre Ausscheidung durch den Harn gewiss auch geringer war, nicht bestimmt und daher auch nicht in Rechnung gezogen werden konnten; im übrigen stimmen die hohen Zahlen derselben ganz zu denen des Harnstoffes.

Mit der Verminderung der Harnmenge und des Zuckers zeigten sich gleichzeitig immer reichlichere Ausscheidungen von Harnsäure, was früher nicht der Fall war. Ihre tägliche Menge betrug nach einigen Gewichtsbestimmungen stets über 1 Grm. (1053—1200 Mgrm.). Man kann daher mit Seegen das Erscheinen reichlicher Harnsäuresedimente im diabetischen Harne manchmal für ein günstiges Zeichen erklären, wenn es auch meist, wie in diesem Falle, nur die nothwendige Folge der kleiner gewordenen Harnmenge ist und es hinwiederum auch diabetische Harne gibt, die trotz reicher Harnsäureabscheidung weder eine Verminderung der Flüssigkeits- noch Zuckermenge erkennen lassen.

---

[1] Zeitschrift für Biologie 1865. S. 125.

Dieser Reichthum des Harnes unseres Kranken an Harnsäure und, wie ich nach den bei Besprechung des Harnstoffes gegebenen Andeutungen vermuthe, an noch anderen unvollständigen Oxydationsproducten der Eiweisskörper, verdient hier als der Ausdruck gewissermassen überstürzter Stoffwechsel-Vorgänge besonders hervorgehoben zu werden.

Die Differenz der Mittelzahlen von Tabelle II und III stellt sich folgendermassen:

HM	Sp. G.	Zucker	Hstff.	NaCl	PO_5
—1398	+0003	—78	—3	—4	+0·5

Das Körpergewicht hat um 2580 Grm. zugenommen.

Im Ganzen lässt sich daher die Wirkung des Opiums kurzweg als eine Hemmung des Stoffumsatzes bezeichnen und zwar würde ich auf die geringere Harnstoffausscheidung allein nicht so viel Werth legen, wenn nicht gleichzeitig das Körpergewicht um ein Bedeutendes zugenommen hätte. Hauptsächlich trifft diese Verminderung des Umsatzes die Ausscheidungsgrösse des Zuckers.

Bei genauerer Betrachtung der ganzen Versuchsreihe stellt sich aber noch etwas anderes dar, worauf ich schon hie und da im Verlaufe der Besprechung hingewiesen habe: Die Verminderung der für die Beurtheilung allein wichtigen Ausscheidungen des Zuckers und Harnstoffes fällt hauptsächlich in die erste Hälfte und geschieht nicht fortlaufend stetig, sondern in ab- und aufwärts gehendem Zickzack, indem, wie ich sagte, meist erst eine Verstärkung der Opiumgabe die inzwischen wieder gestiegenen Ausscheidungen herabdrückte; erst in der zweiten Hälfte, nach lange fortgesetztem Opiumgenusse, finden wir eine Gleichmässigkeit in denselben. Es stellt daher das Bild dieser Ziffernreihe gewissermassen ein fortwährendes Ankämpfen des rapiden Stoffwechsels gegen den durch das Opium darauf ausgeübten Druck dar, welcher endlich zum Schlusse — wenigstens so weit es die Harnstoffausscheidung betrifft — überwunden wird, und dies ist die Reihe, von der man sagen könnte, die geringere Zuckerausscheidung werde durch eine Mehrausgabe an Harnstoff compensirt.

Da nun die Durchschnittsziffer der Stickstoffausgabe der zweiten Hälfte für sich gerechnet sich höher stellt, als die der gleichzeitigen Einnahme, so drängt sich doch der Gedanke auf, dass entweder in der That die anfänglich durch die ersten Opiumgaben herabgesetzte Zerstörung der Albuminate nach Gewöhnung des Organismus an dieses Mittel später durch eine desto energischere Oxydation ausgeglichen wurde, oder dass die Zersetzungsproducte der ersten Tage theilweise zurückgehalten und erst in späterer Zeit nach grösserer Anhäufung derselben vermehrt ausgeschieden wurden. Im letzteren Falle müsste man eine Art Accommodation des Organismus für Harnstoffaufspeicherung, ähnlich dem für das Kochsalz voraussetzen, wie dies Ludwig[1] andeutet. Möglich, dass der in reissendem Stoffwechsel sich verzehrende Organismus der Diabetiker diese Fähigkeit besässe; für den gesunden Thierkörper wird dieselbe jedoch durch Voit[2] und Liebig unwahrscheinlich gemacht, denen es nicht gelang, Harnstoff im Fleische verschiedener Thiere nachzuweisen. Auch Picard[3] fand in 2500 Grm. Hundeblut nur 0·4 Grm. Harnstoff.

Tabelle IV.

Harn-Menge	Spec. Gewicht	Zucker	Harn-stoff	NaCl	PO_5	Zufälle	Nahrung
1860	1037	35	84	3·9	13	flüssige Entleerungen, leichtes Unwohlsein	1000 Gr. Fleisch, 1750 CC. Fleischsuppe — 1500 CC. Mandelmilch.
1460	1041	39	65	3·2	11		
2060	1040	61	89	4·4	6		
2040	1040	55	86	4·5	6		
1930	1040	54	81	3·6	5		
1820	1040	44	79	3·9	7		
1800	1038	41	80	3·7	4		
2200	1041	65	95	4·6	7		
2650	1035	68	107	5·2	16		
2300	1040	61	102	4·6	15		
2420	1040	79	112	6·7	16		
2520	1040	62	108	4·9	19		
Mittelzahl							
2088	1039	55 22 C	91 42·46 N	4·4	12		
Körpergewicht 33200.							

[1] Lehrbuch der Physiologie. II. Bd. S. 707.

[2] Zeitschrift für Biologie, II. Bd. Vergl. auch Neubauer, Journal für praktische Chemie 1853. Bd. I.

[3] De la présence de l'urée dans le sang. Strasbourg 1856.

Der Kranke erhält kein Medicament und ist wieder unter dieselben Nahrungsverhältnisse versetzt, wie in Tabelle II angegeben wurde, mit der alleinigen Ausnahme, dass er entsprechend dem geringeren Durstgefühle nur 1500 CC. Mandelmilch täglich zu sich nimmt. In den Ausscheidungen finden wir noch die Nachwirkungen des Opiums. Harnmenge und Zuckerziffer sind geringer, als während der Dauer der zweiten, Phosphorsäure und Harnstoffausgabe erscheinen bedeutender sowohl gegenüber der zweiten, als dritten Versuchsreihe. Das wichtigste Ergebniss ist das stetige Steigen der Zuckerausssscheidungen nach Aussetzen des Opiums. Die Harnstoffziffer ist ebenfalls sehr hoch und beträgt nach unseren früheren Berechnungen die ganze Summe der Einnahme an Stickstoff. Das Körpergewicht ist um 904 Grm. gesunken. Besondere Veränderungen während dieser Reihe sind nicht zu verzeichnen, die aufgezählten Resultate bestätigen indirect das früher über die Opiumwirkung Gesagte.

Tabelle V.

Harn-Menge	Spec. Gewicht	Zucker	Harnstoff	NaCl	PO_5	Morphium	Zufälle	Nahrung
2000	1038	46	92	9	3·8	160 Mg.		1000 Gr. Fleisch, 1750 CC. Fleischsuppe, 1000 CC. Mandelmilch.
1190	1035	12	64	11	3	200	leichte Narkose	
1340	1033	10	71	13	2·9	200		
1730	1027	0	73	18	3·2	200		
1570	1028	0	78	9	3	200		
1800	1030	Spur	88	11	3·4	200		
1750	1031	16	76	15	3·5	200		
1480	1032	13	71	12	2·9	240		
1440	1034	11	78	8	3·2	240		
1590	1032	12	85	8	3·6	240		
1340	1028	0	59	8	2·7	240		
1580	1031	0	77	10	3·3	240		
1550	1030	0	75	12	2·9	240		
1410	1033	0	75	9	2	240		
1540	1032	0	76	2	3	240		
1340	1032	0	70	9	2 6	240		
1090	1033	0	62	8	2 4	240	Appetitmangel	
1080	1030	0	50	5	2 1	0	leicht. Unwohls.	
Mittelzahl								
1490	1032	7 2·8 C	73 34 N	10	3			

Körpergewicht 34560.

Die Resultate der Opiumreihe machten eine Versuchsreihe mit Morphium wünschenswerth, deren Ergebnisse hier vorliegen. Die Nahrung ist ganz gleich jener der Opiumreihe. Als Morphiumpräparat benützte ich reines, schön krystallisirtes Morphium; dasselbe wog ich täglich in der erforderlichen Menge ab, löste es mit Beihilfe von etwas Essigsäure und liess es vom Kranken zu verschiedenen Tageszeiten stets in meiner Gegenwart nehmen. Da derselbe an Opium schon gewöhnt war, begann ich gleich mit einer höheren Gabe und ging bald bis zu 240 Mgr. täglich vor, bis einige Tage hindurch die Zuckerausscheidung gänzlich aufhörte. Die Dosis entspricht nahezu dem Morphiumgehalte der letztverwendeten Opiummengen. — Die Wirkungen des Medicamentes auf das Allgemeinbefinden des Kranken habe ich schon früher angeführt, Neues in dieser Beziehung ist in dieser Periode nicht hinzugekommen. Die während dieser Zeit erhaltenen Ausscheidungsgrössen sprechen deutlich genug für sich selbst; es zeigt sich hier noch entschiedener und kräftiger die den Stoffwechsel hemmende Wirkung des Morphiums, die sich hier über sämmtliche Harnbestandtheile erstreckt.

Das Körpergewicht hat in den achtzehn Versuchstagen um 1360 Grm. gewonnen, welche Zahl sich nach der Differenz zwischen Stickstoff-Einnahme und Ausgabe noch bedeutend höher stellen müsste. Dass dies nicht geschah, beweist, dass, da in dieser Reihe keine nennenswerthen Verluste durch flüssige Darmentleerungen zu verzeichnen sind, die verzehrte Kostportion nicht vollständig aufgenommen wurde, dass daher bei gleichzeitigem Morphiumgenusse der Körper weniger Nahrung bedarf.

Als sich Appetitmangel und Zeichen eines leichten Unwohlseins einstellten, schloss ich die Versuchsreihe ab und die nächstfolgende

Tabelle VI.

Harn-Menge	Spec. Gewicht	Zucker	Harn-stoff	NaCl	PO_5	Medi-cament	Zufälle	Nahrung
980	1028	0	45	8	3·2		Unwohlsein	Nur Fleischbrühe
1430	1026	0	67	12	2·8		Appet. stellt sich ein	
1390	1030	13	51	15	2·7		gutes Befinden	
1420	1035	15	55	15	2·6	120 Mg. Morph.		
Mittelzahl								
1330	1030	8 3·2 C	54 25·29N	12	2·8			

Körpergewicht 32120

stellt nur einen kurzen Übergang zu einer neuen Versuchsreihe dar. Es haben daher die hier niedergelegten Ausscheidungsziffern weiter keine Bedeutung. Bemerkenswerth ist nur, dass der Kranke innerhalb der wenigen Tage, an denen er allerdings fast gar keine feste Nahrung zu sich nahm, an Körpergewicht so bedeutend herunterkam. Nachdem Wohlsein und Esslust wieder zurückgekehrt war, wurde nach

Tabelle VII

ein neuer Versuch angestellt.

Während ich früher die Wirkung des Morphiums in aufsteigender Menge erprobt hatte, sollte dies jetzt in absteigenden Gaben geschehen; und so kam ich allmälig auf die geringe Gabe von 30 Mgr. täglich herab, bei welcher durch volle 4 Tage die Zuckerausscheidung sistirte. Dieses Resultat könnte nach dem früher über die Wirkung des Opiums und Morphiums Gesagten überraschen, wenn wir nicht zweierlei berücksichtigen müssten: Erstlich haben wir schon wiederholt gesehen, dass die Morphiumwirkung sich einige Tage über die letzte Einnahme des Medicamentes hinaus erstrecken kann, wie dies namentlich die Anfangstage der Tabelle VI deutlich machen. Es ist daher zu vermuthen,

Tabelle VII.

Harn-Menge	Spec. Gewicht	Zucker	Harn-stoff	NaCl	PO_5	Mor-phium	Zufälle	Nahrung
1180	1032	16	50	11	2	120 Mg		1000 Gr. Fleisch, 1750 CC. Fleischsuppe, 1000—800 CC. Mandelmilch.
1060	1032	Spur	56	10	2·2	120		
800	1033	„	43	6	1·7	120		
1180	1033	„	62	11	2·4	120		
1220	1035	„	63	12	2·3	120		
1490	1033	„	75	18	2·9	120		
1400	1033	„	71	20	2·5	120		
1680	1032	—	82	22	3	130		
1750	1030	—	82	16	3·2	60		
1700	1031	—	94	17	3·2	60		
1690	1030	—	82	13	3·2	60		
1590	1031	—	81	13	2·9	60		
1810	1028	—	77	15	3·1	30		
1890	1030	—	78	18	3	30		
1650	1026	—	63	17	2·9	30	Appetit gering. Erbrechen	
1120	1028	Spur	43	9	2·9	30*	Auftreten von Varicella mit Begleitungs-Erscheinungen	
650	1028	2	32	2	3	—*		
Mittelzahl								
1191	4023	1 0·4 C	71 33·13N	15	2·3			

Körpergewicht 33100.

dass durch fortgesetzte, wenn auch kleinere Gaben jene Nachwirkung noch weiter hinausgezogen werden kann. Zweitens erklären die Verluste der Vorperiode die geringe Höhe der jetzigen Ausscheidungen auch in der Art, dass der durch dieselben herabgekommene Organismus eine grössere Fähigkeit erhielt, das Eingeführte in grösserer Menge zurückzuhalten und so die erlittenen Verluste zu decken.

Dafür sprechen nicht nur die durchwegs geringer gewordenen Ausscheidungen, sondern auch die Zunahme an Körpermasse. Da jedoch diese betrachteten Ausscheidungen für den Organismus unseres Kranken noch immer beträchlich sind, so würde daraus folgen, dass Diabetiker, die nicht in diesem hohen Grade Nahrungs- und Körperbestandtheile zerstören, so lange sie reichliche Nahrung aufnehmen und verdauen können, auch durch

kleinere Quantitäten von Morphium dem Verfalle ihres Organismus wirksam steuern könnten.

Auch dieser Versuch musste bald wegen eines unliebsamen Ereignisses geschlossen werden, indem eine leichte Eruption von Varicella mit dem dabei gewöhnlichen Symptomencomplexe auftrat. Der Krankheitsprozess zeigte sich jedoch glücklicher Weise in geringer Heftigkeit, es erschienen nur einzelne Pusteln im Gesichte und auf den Händen, das Fieber blieb sehr mässig und nach Verlauf von 5—6 Tagen war der Vorfall wieder ausgeglichen. Mit beginnender Erkrankung sanken die Ausscheidungen rasch ab.

Tabelle VIII.

Harn-Menge	Spec. Gewicht	Zucker	Harnstoff	NaCl	PO_5	Medicament	Zufälle	Nahrung
710	1032	5	32	4	2·9		Varicella abgelaufen	400 Gr. Hühnerfleisch, 1750 CC. Fleischsuppe, 800 CC. Mandelmilch.
2280	1023	14	68	22	3·9			
2440	1030	41	78	23	3·7			
2160	1037	65	81	26	3·3			
1250	1037	19	52	16	2·6			
1450	1032	16	56	17	2·9		Appetit gut	
1360	1031	12	57	12	2·8			
1380	1035	12	60	15	3·2			
1480	1036	16	70	15	3·6			1000 Gr. Fleisch, 1750 Fleischsuppe, 1500 CC. Mandelmilch, 175 CC. Wein.
1740	1037	31	91	17	3·8			
1610	1036	24	86	16	3·6			
1530	1037	19	83	13	3·4			
1800	1038	31	91	16	3·8			
1820	1038	35	90	18	4			
1900	1037	39	93	16	4			
1840	1037	19	89	18	4·1			
2170	1035	33	104	18	4·7			
2520	1035	43	109	21	4·9	2 Grm. $NaOSO_3$		
Mittelzahl								
1808	1035	27 10·8 C	79 36·86 N	18	3·6			

Körpergewicht 31870.

In den ersten Tagen dieser Reihe erhielt der Kranke noch nicht seine frühere Nahrungsmenge, bis die Esslust wieder erwacht und die letzten Spuren der Erkrankung verschwunden

waren. Hierauf blieb er durch längere Zeit unter den in den früheren Tabellen angeführten Nahrungsverhältnissen, bis auch die Ausscheidungen wieder die dort angegebenen Ziffern erreichten und nun zu einem neuen Versuche geschritten werden konnte.

Tabelle IX.

Harn-Menge	Spec. Gewicht	Zucker	Harnstoff	NaCl	PO_5	$NaOSO_3$	Zufälle	Nahrung
2480	1037	50	117	17	4·9	2 Gr.		1400 Gr. Fleisch, 1750 CC. Fleischsuppe, 2 Liter Mandelmilch.
2430	1038	66	112	17	4·5	4·4		
2120	1038	47	101	16	4·2	4·4		
2310	1038	60	119	15	5	4·4		
2400	1039	60	117	15	4·9	4·4		
2760	1038	77	123	20	5	4·4		
3180	1038	73	131	21	5·6	4·4	Spuren v. Eiweiss	
2870	1040	75	124	16	5·2	4·4		
2910	1038	87	120	23	5·2	4·4	Eiweiss in zunehmender Menge	
3450	1037	96	128	20	5·6	4·4		
3610	1040	120	143	10	5·8	4·4		
2560	1033	60	96	16	3·9	—		
Mittelzahl								
2758	1038	73 29·2 C	118 55 N	18	5			

Körpergewicht 31060.

Da die Wirksamkeit des Karlsbader Wassers auf die Zuckerausscheidung gerühmt wird und namentlich Seegen ganze Reihen von Belegen dafür anführt, lag es nahe, die Bestandtheile jener Quellen auch bei unserem Kranken zu versuchen und wurde daher mit dem wichtigsten derselben, dem schwefelsauren Natron begonnen. Dasselbe wurde in reinem entwässerten Zustande in der angegebenen Menge täglich gereicht, welche nach den vorliegenden Analysen ungefähr in 2·5 Pfund Karlsbader Sprudel enthalten ist.

So wünschenswerth es gewesen wäre, auch während dieser Versuchsreihe die früheren Nahrungsverhältnisse bestehen zu lassen, konnte ich doch dem drängenden Wunsche des Kranken nach mehr Nahrung nicht widerstehen, der schon nach Einver-

leibung der ersten Gaben dieses Mittels über grimmigen Hunger klagte. Da derselbe in der langen Reihe der früheren Versuche mit der Grösse seiner Kostportion vollkommen zufrieden gewesen war und jetzt damit durchaus nicht auskommen zu können erklärte, fand ich kein Bedenken, seine tägliche Fleischnahrung um 400 Grm., womit er dann gesättigt war, zu vermehren, umsomehr, als auch dieses rasch gestiegene Hungergefühl für die Wirkung des angewendeten Medicamentes von Bedeutung erschien.

In der That sehen wir auch dem entsprechend die Ausscheidungsgrössen des Harnstoffes und der Phosphorsäure auf eine wahrhaft erschreckende Weise steigen zu einer Höhe, die sie in den früheren Versuchen nie erreicht hatten; selbst die ausgeführte Zuckermenge hob sich wieder in rascher Folge.

Bevor ich jedoch zur Würdigung der erhaltenen Resultate schreite, erscheint eine Besprechung des über diesen Gegenstand bereits Vorliegenden geboten und zwar wende ich mich zunächst gegen die Versuche, welche Seegen [1] an sieben Individuen, die sich in der Reconvalescenz nach andern vorhergegangenen Erkrankungen, meist Intermittens, befanden, an der medicinischen Klinik der Josefs-Akademie über die Wirkung des Karlsbader Wassers angestellt hat.

Bei *A* zeigte sich nach den dortigen Auseinandersetzungen, dass dasselbe die Ausscheidung der Harnmenge und Phosphorsäure vermehre, die Harnstoffabsonderung dagegen vermindere, im Ganzen diuretisch wirke; ebenso hat *B* nach Gebrauch des Karlsbader Wassers weniger Harnstoff und mehr Phosphorsäure ausgeschieden, als vor demselben, gleichzeitig jedoch mehr Faeces entleert.

Versuchsobject *C* hat sowohl vor als nach dem Versuche gleiche Mengen Harnstoff ausgeschieden, dagegen während desselben vermehrte Stuhlentleerungen gehabt. Da nun dieses Individuum vor dem Versuche unregelmässige, mitunter sehr niedrige Harnstoffmengen zur Ausscheidung brachte, meint Seegen, dass auch in diesem Falle dem Organismus durch das Medicament an Stickstoff erspart wurde; denn wenn man die niedri-

[1] Wiener medicin. Wochenschrift 1860.

gen Ziffern der vor dem Versuche ausgeschiedenen Harnstoffmengen nicht berücksichtige, stelle sich auch hier die Harnstoffaussonderung höher als nach demselben; *D* war ein Weib, das zur Zeit des Versuches menstruirte und ausserdem noch die unangenehme Eigenschaft besass, von aussen her zu verschiedenen Zeiten „ganz uncontrolirbare Mengen von Kaffee“ einzunehmen; gleichwohl hat auch dieses Individuum durch das Karlsbader Wasser an Stickstoff gewonnen.

E schied während der Trinkperiode zwar nicht weniger Harnstoff aus als vor derselben. Da aber die Harnmenge grösser war, mit welcher sonst gewöhnlich auch eine Vermehrung der festen Bestandtheile einherzugehen pflegt und dies Letztere hier nicht geschehen ist, so muss dies doch wieder als eine relative Verminderung der Harnstoffabscheidung — und daher für Stickstoffersparung erklärt werden. Die Phosphate zeigen sich wieder vermehrt. Zu bemerken wäre hier, dass während des Trinkens der Quelle der ausgeschiedene Harn häufig alkalisch reagirte.

F nimmt während des Versuches mehr Nahrung zu sich und scheidet daher auch mehr Harnstoff aus, zugleich ist die Harnmenge auffallend gering; hier, glaubt man, könne sich aus den gegebenen Zahlen kein Stickstoffersparniss herauslesen lassen. wird jedoch gleich eines anderen belehrt; denn diesmal ist wieder die Schwefelsäureausscheidung gering und deshalb muss auch der von der Zerstörung der Körpergewebe herrührende Harnstoffantheil geringer sein. Man müsste, um diese Deutung zu verstehen, die ganz ungerechtfertigte Voraussetzung machen, dass die Schwefelsäure im Harne nur von den Albuminaten der Körperbestandtheile herrühre, eine Vermehrung derselben jedoch aus vermehrter Nahrungseinnahme, wie dies für den Harnstoff bereitwilligst zugestanden wird, nicht möglich sei. Schade, dass hier nicht angegeben ist, ob die Ausscheidung von Phosphorsäure wieder vermehrt war. — Bei *G* endlich zeigen sich wieder während der Trinkperiode reichliche Stühle, daher sich auch die gleichzeitigen geringen Harnmengen erklären; auch hier ist die Harnstoffabgabe während des Versuches geringer.

Das Körpergewicht ist im Allgemeinen bei Allen nach dem Versuche grösser als vor demselben.

Aus den Ergebnissen dieser geschilderten Versuche wird nun der Schluss gezogen, dass das schwefelsaure Natron den Eiweissumsatz verminderc und den des Fettes vermehre, daher beim Gebrauche der Karlsbader Quellen übermässige Fettanhäufungen schwinden.

So lasse sich auch der günstige Einfluss dieser Quellen auf den Organismus des Diabetikers erklären, da eine regere Verbrennung der Kohlehydrate dadurch erzielt wird.

Obwohl man aus der Vermehrung der Phosphorsäureausscheidung auf eine Erhöhung des Blutumsatzes schliessen müsse, werde doch andererseits an Stickstoff erspart.

Unschwer lässt sich ersehen, dass diese Versuche das durchaus nicht beweisen, was sie beweisen sollen.

Zunächst ist zu bemerken, dass denselben die zur Entscheidung einer so schwierigen und heiklen Frage unerlässliche Bedingung der peinlichsten Genauigkeit ganz und gar abgeht. Schon die Wahl von Reconvalescenten zu Versuchsobjecten ist keineswegs als eine glückliche zu bezeichnen, da bei ihnen die Ausscheidung der Harnbestandtheile gewiss anderen Gesetzen unterworfen ist als bei Gesunden, wenigstens lehren die Stoffwechseluntersuchungen von Voit und Anderen, dass heruntergekommene Organismen selbst aus kleinen Nahrungseinnahmen leicht Stickstoff zurückbehalten und dem entsprechend weniger ausscheiden.

Die täglichen Wägungen, die Darreichung der Nahrung und des Medicamentes wurde von Anderen besorgt, die Nahrungsmengen selbst sind ungleich und kaum in den rohesten Umrissen bestimmt; wie es mit der Aufsammlung des Harnes herging, ist gar nicht angegeben; die Beaufsichtigung der Versuchsobjecte war mangelhaft, da sie sich anderswoher uncontrolirbare Mengen von Nahrung verschaffen konnten.

Wer je derartige Versuche an Menschen angestellt hat, die sich dafür nicht im geringsten interessiren, wird wissen, welchen Hindernissen und Schwierigkeiten er unausgesetzt zu begegnen hat, um halbwegs glaubwürdige Resultate zu erhalten, und gar in so schwer zu entscheidenden Fragen; er wird daher wahrscheinlich, da die Hinwegräumung jener Hindernisse und Schwierigkeiten, wenn auch nicht den umfangreichsten, so doch

gewiss den unangenehmsten Theil der Arbeit ausmacht, davon etwas erwähnen, schon in der Absicht, Andere, die nach Ähnlichem streben, aufmerksam zu machen und dem Leser Vertrauen zu erwecken. Von Allen dem findet sich in der genannten Abhandlung nichts. Endlich hätte nothwendig bei diesen Versuchen zur Entscheidung der Frage, auf welche es dem Verfasser ankam, der Koth mit in Rechnung gezogen werden müssen, was nicht geschehen ist; es findet sich in der Anmerkung nur die kurze Notiz: ein Stuhl, zwei Stühle u. s. w., wobei man natürlich gar keine Vorstellung hat, was man sich unter jenen Begriffen zu denken hat.

Hat daher die Arbeit schon aus äussern Gründen wenig Werth, so verliert sie denselben vollends durch die geradezu widersprechenden Ergebnisse, welche mitunter äusserst gezwungen zu Gunsten einer vorgefassten Meinung gedeutet werden.

Es soll ein Stickstoffersparniss durch das schwefelsaure Natron bewiesen werden. Da ist es denn doch nicht gleichgültig und für die Beweiskraft des Experimentes förderlich, wenn in dem einen Falle allerdings die Stickstoffausgabe nach der Trinkperiode geringer, in einem anderen jedoch gleich und in einem dritten sogar höher ausfiel als vor derselben. Wenn nun weiter durch das schwefelsaure Natron in den meisten Fällen reichlichere Stuhlentleerungen hervorgerufen wurden, so scheint mir dies Grund genug für die geringere im Harne aufgefundene Stickstoffmenge, und wenn endlich dieser noch hie und da alkalisch reagirte, so könnte selbst dadurch eine gewisse Menge Harnstoff dem Nachweise entzogen worden sein.

Wir finden jedoch noch weitere Unzukömmlichkeiten: Die Ausscheidung der Phosphorsäure war in fast allen Fällen nach der Einnahme des Glaubersalzes vermehrt angetroffen worden. Es zeigt sich aber in den meisten, so auch in den vorliegenden Harnuntersuchungen, immer ein enges Zusammengehen der Phosphorsäure- mit der Harnstoffausscheidung, wie dies ja von vornherein zu erwarten ist[1]. Es müsste sonach entweder das Glaubersalz die eigenthümliche nahezu räthselhafte Fähigkeit besitzen,

---

[1] Vergl. auch den Artikel über die Abscheidung der PO_5 von Ernst Bischoff. Zeitschrift für Biologie 1867.

von einer Reihe zusammengehöriger Harnbestandtheile einen einzigen auffallend zu vermehren und andere gleichzeitig zu vermindern — oder man muss gerade anknüpfend an diese einzig constant beobachtete Erscheinung der vermehrten Phosphorsäureausscheidung vielmehr diese Versuche, wie mir scheint, im entgegengesetzten Sinne deuten. Denn wenn wirklich in einigen Fällen auf die Einführung von Glaubersalz eine grössere, in anderen eine gleiche, und in einer dritten Reihe erst eine geringere Harnstoffmenge zur Ausscheidung durch den Harn gelangte, als vor dem Gebrauche desselben, und wenn dieses Mittel in den meisten Fällen nebenbei reichlichere Stuhlentleerungen nach sich zog, demnach auf anderem Wege unbestimmte, keineswegs gleichgültige Mengen von Stickstoff den Organismus verliessen, so ist man viel eher berechtigt, die Menge des im Ganzen ausgeführten Stickstoffes nach den Versuchen höher anzuschlagen, als vor denselben. In dieser Weise würden jene Versuche sowohl untereinander, als auch zu dem vorliegenden besser stimmen.

Um jedoch vollständig zu sein, muss ich noch erwähnen, dass selbst nach der gerechtfertigten Annahme, es haben gewisse Mengen der Harnbestandtheile durch den Darm den Organismus verlassen, das Verhältniss des Harnstoffes zur Phosphorsäure nicht verständlich wird, da beide Stoffe durch flüssige Stuhlentleerungen in gleicher Weise getroffen werden. Es bleibt einem daher, um sich aus diesen verwickelten Widersprüchen zu retten, nichts übrig, als zu glauben, dass in diesen Fällen wirklich das Glaubersalz die Phosphorsäure so entschieden beeinflusst habe — oder an der Richtigkeit der Bestimmungen selbst zu zweifeln.

Soviel über diese Versuche.

Eine Fortsetzung hievon finden wir einige Jahre später, da Seegen[1] zur Entscheidung der Frage, ob aller durch die Nahrung eingeführte Stickstoff durch Harn und Koth den Körper wieder verlasse, ausgedehnte Untersuchungen an einem Hunde anstellte. Auch hier zeigte sich im Allgemeinen die Wirkung des Glaubersalzes hauptsächlich in einer Verminderung der Harnstoffausscheidung. Die Resultate dieser Untersuchungen wurden

[1] Sitzungsberichte der Wiener Akademie 1867.

jedoch durch Voit [1] sehr in Frage gestellt, der Seegen an seinem eigenen Hunde bewies, dass das gefundene Stickstoffdeficit sich höchst einfach aus einer Ungenauigkeit in der Harnaufsammlung erkläre.

Durch diese Darstellung der Sachlage gerieth Seegen auch mit seinen Glaubersalzversuchen in arge Bedrängniss, da dieselben der nämliche Vorwurf der Ungenauigkeit treffen musste. Zwar versuchte er neuerdings [2] hauptsächlich gestützt auf die Fleischanalysen von Nowak und Toldt [3], die Voit'schen Einwendungen zu widerlegen, musste sich jedoch gestehen, „dass die aus den obigen Resultaten gezogenen Schlussfolgerungen unberechtigt seien, da sie auf der vorgefassten Meinung beruhen, aller Stickstoff werde durch Harn und Koth ausgeschieden".

Für die Glaubersalzversuche bleibt es gleich, ob die Frage nach der Stickstoffausscheidung, um welche sich die Untersuchungen dieser beiden Forscher drehen, in diesem oder jenem Sinne entschieden wird. Denn besteht kein Stickstoffdeficit, wird aller durch die Nahrung eingeführte Stickstoff wirklich in Harn und Koth wieder ausgeführt, so sind diese Versuche Seegen's deswegen nichts beweisend, weil ihnen ungenaue Harnsammlungen zu Grunde liegen; geht aber, wie Seegen behauptet, ein gewisser Theil mit der Nahrung eingeführten Stickstoffes auf anderen Wegen aus dem Organismus, so lässt sich von einer Ersparung an Stickstoff bei geringerer Harnstoffausfuhr so lange nicht sprechen, bis die Grösse des auf diesen anderen Wegen entweichenden Stickstoffes, die vielleicht unter verschiedenen Umständen in weiten Grenzen schwanken kann, gekannt und mit in Rechnung gezogen ist.

Die einfache theoretische Erwägung der Fähigkeit der sogenannten Mittelsalze, welche ihnen als Stoffen von hohem endosmotischen Äquivalente zukommen, müsste ihnen, wenn sie in grösserer Menge dem Organismus einverleibt werden, eine ähn-

---

[1] Zeitschrift für Biologie 1868.
[2] Sitzungsberichte der Wiener Akademie 1871. Bd. 63. II Abth.
[3] a. a. O.

liche Wirkung einräumen, wie sie Voit [1] für das Kochsalz nachgewiesen hat; auch sie müssten als eine Art Pumpwerk zur Beschleunigung und Vergrösserung des Säftestromes im Körper beitragen und demgemäss die Ausscheidung stickstoffhältiger Zersetzungsproducte eher fördern, als hemmen.

Für diese Auffassung sprechen auch die Ergebnisse meines Versuches.

Das Glaubersalz rief keine reichlicheren Darmentleerungen hervor, aber die Ausscheidungsgrössen aller Harnbestandtheile wuchsen unter seinem Gebrauche zu den höchsten Ziffern aller meiner Versuchsreihen an und besonders ist es die Harnstoffausscheidung, daneben auch die der Phosphorsäure, welche die bedeutendste Vermehrung erfährt.

Allerdings entspricht die vermehrte Stickstoffausfuhr auch einer vermehrten Einnahme, und hätte so betrachtet keine grosse Bedeutung; wir müssen aber die Sache anders beurtheilen: Wenn ein Mensch durch lange Zeit mit einer gewissen — sicherlich nicht geringen — Nahrungsmenge verschiedene Versuchsreihen hindurch vollauf genug hat -- ja dieselbe, wie wir dies bei den Morphiumreihen gesehen haben, nicht einmal immer vollständig assimilirt — und nun bei Beginn eines neuen Versuches nahezu plötzlich dringend mehr Speisen begehrt, wenn wir aus den entsprechend wachsenden Ausscheidungsgrössen sehen, dass dieser Wunsch nicht blos als zufälliger Ausfluss einer Laune des Kranken betrachtet werden kann, da er in der That auch die vermehrte Nahrung aufnimmt und verdaut in einer Menge, die selbst ein kräftiger, gesunder Mann kaum bewältigen könnte [2], so kann man sich dem Gedanken nicht verschliessen, dass die einzige Veränderung in seinen Verhältnissen, der Genuss von Glaubersalz, jenes Bedürfniss nach Mehraufnahme hervorgebracht habe.

Das war denn auch der Grund, weshalb ich nicht zögerte, dem Wunsche des Kranken zu willfahren, da eine unzulängliche

[1] Untersuchungen über den Einfluss des Kochsalzes u. s. w. auf den Stoffwechsel. München 1860. Vergl. auch Bischoff: Der Harnstoff als Mass des Stoffwechsels. Giessen 1853.

[2] Vergl. Ranke, Du Bois-Reichert's Archiv 1862.

Nahrung dem geschwächten Körper überdie
werden können.

Gleichwohl überraschten mich die Zifi
Harnausscheidung wegen ihrer wahrhaft eno
habe daher Stickstoffbestimmungen des Har
andern üblichen Methoden vorgenommen, üb
unten berichten werde.

Wir sehen demnach in Folge de
genusses in unserem Falle das Nahr
gesteigert und alle Ausscheidunge
die des Harnstoffs und der Phosphor
tend erhöht.

Nun wird uns auch die Wirkung der
auf fettleibige, an Überfüllungen des Pforta
Leidende besser verständlich. Sie beruht
sentlichen auf denselben Voraus
Erwägungen, welche auch der Bar
gewisse Verbreitung zu diesem Zw
haben. Durch die in Folge des ge
rungsbedürfnisses eingeführten gr
mengen — in Karlsbad wird ja vornehm
Nahrung genossen — wird die Menge d
Eiweisses vermehrt, es wird dadu
dargethan hat, viel Sauerstoff angez
dem Einflusse dieses kann dann an
Fett verbrennen. Ebenso wäre bei Dia
ständigere Verbrennung des Zuckers denkb
möglich, dass nach dem Gebrauche der Kar
Zuckerausscheidung geringer würde, wenn d
Fall nicht zutrifft, bei welchem mit den and
auch die Ziffer der Zuckerausscheidung gröss

Tabelle X.

Sie zeigt die Ausscheidungen in eine
suchspause, in der der Kranke ohne Medica
daher weniger Bedeutung. Ergänzend das fr

---

[1] Vergl. auch Zeitschrift für Biologie 1870.

Tabelle X.

Harnmenge	Spec. Gewicht	Zucker	Harnstoff	NaCl	PO_5	Medicament	Zufälle	Nahrung
3000	1040	94	112	17	4·5		Geringe Eiweissmengen im Harne	900 Grm. Fleisch, 1750 CC. Fleischsuppe, 8 Eier, 1500 CC. Mandelmilch.
2720	1043	102	110	15	4·2			
2700	1041	95	117	17	4·2			
2310	1041	81	97	14	3·9			
2410	1042	78	94	14	4·7			
2400	1041	89	98	14	4·1			
2280	1041	74	90	16	4·3	50 Millgr. Morphium		
Mittelzahl								
2550	1041	87	102	15	4·3			
		34·8 C	47·6 N					

Körpergewicht 32720

zu bemerken, dass die hohen Zahlen der Harnstoffausscheidung noch in diese Reihe hineinragen, trotzdem es nicht möglich war, den Kranken bei den Nahrungsmengen der früheren Reihe zu erhalten, da er sie nach Aussetzen des Glaubersalzes nicht mehr bewältigen zu können erklärte.

Ich griff daher zur Verabfolgung von Eiern, um wo möglich die in den ersten Tagen sich zeigende hohe Stickstoffausgabe zu decken.

Da das Stickstoffpercent der Eiermasse sich ungefähr auf 2 stellt [1] und die Menge der geniessbaren Bestandtheile des Eies im Mittel 45 Gr. beträgt [2], so entsprächen 8 Eier etwa 7·2 Gr. N. Demnach hat der Kranke täglich etwa 8 Gr. N. weniger verbraucht als in der früheren Versuchsreihe und auch dem entsprechend weniger ausgeschieden.

In dieser Periode konnte ich wiederholt kleine Eiweissmengen im Harne nachweisen, die sich hie und da auch schon während der früheren Versuchsreihe gezeigt hatten. Sie waren wohl äusserst gering, so dass sie im Proberöhrchen nur eine zarte Trübung

---

[1] Voit's physiol. chem. Untersuchungen.

[2] Hofmann in Boeck's Untersuchungen über die Zersetzung des Eiweisses im Menschen unter dem Einflusse von Jod etc. Zeitschrift für Biologie 1869.

verursachten und erst, wenn man die ganze t
stark eindampfte, in grösserer Menge ersch
äusserst unangenehmes Ereigniss, da eine in
scheidung derselben zu erwarten stand. Selbstv
von nun an die Harnbestandtheile nur in dem
mit der nöthigen Vorsicht befreiten Harne b
stoffbestimmungen fielen übrigens nach vie
eiweisshältigen und davon befreiten Harne ga

Da ich bei Gelegenheit der Morphium
hatte, dass hiedurch rasch eine Verminder
Harnmenge zu erzielen sei, so beschloss ich,
ses Mittels in der Absicht zu geben, um viel
minderung der Harnmenge auch die Eiwei
vermindern.

Dies ist in Tabelle XI zur Ausführung ge

Tabelle XI.

Harnmenge	Spec. Gewicht	Zucker	Harnstoff	NaCl	PO_5	*Morph. purum*	Zuf
1240	1037	24	63	7	3·4	50 Mgr.	Eiw
1380	1034	14	65	14	3·6	50 „	Spu
1900	1027	10	72	17	3·9	50 „	(
1620	1026	Spur	73	10	3·5	50 „	(
1440	1029	„	70	8	3·4	50 „	Spu
1540	1032	„	62	11	3·7	50 „	„
1710	1032	15	87	14	3·9	50 „	„
1660	1030	Spur	77	13	3·6	50 „	„
1530	1029	„	69	10	3	50 „	„
1550	1033	15	81	9	3	50 „	„
1280	1037	Spur	65	11	3	50 „	leichter
1410	1035	„	63	13	2·9	0	katarrh,
			Mittelzahl				
1521	1032	6 2·4 C	71 33·13N	11	3·4		

Körpergewicht 34400

Wir sehen hier wieder den Einfluss des
Stoffwechsel genau so, wie er sich uns in den
zeigte; in Bezug auf die Eiweissausscheidung
den gehofften Dienst. Zwar schien es mir, da

gen die ausgeschiedenen Eiweissmengen geringer waren als früher, da ich aber quantitative Bestimmungen hierüber wegen ihrer Unzuverlässigkeit nicht vornahm, kann ich nichts Genaues angeben; zum Verschwinden konnte das Eiweiss durch das Morphium nicht gebracht werden.

Tabelle XII.

Harnmenge	Spec. Gewicht	Zucker	Harnstoff	NaCl	PO_5	Medicament	Zufälle	Nahrung
1870	1030	24	73	15	3		Geringe Eiweissmengen im Harne	800 Grm. Fleisch, 8 Eier, 1750 CC. Fleischsuppe, 525 CC Wein, 300 CC. Mandelmilch.
2110	1037	55	91	17	4			
2500	1039	75	97	20	4·1			
1950	1037	52	76	14	3·5			
2350	1037	73	78	18	4			
2670	1038	83	96	17	4·3			
2500	1039	95	99	15	4			
2400	1039	94	74	8	3·9			
3210	1038	106	102	18	5·4			
2520	1039	101	84	15	4·6			
2600	1038	88	83	11	4·9	2 Grm. $HaOCO_2$		
Mittelzahl								
2425	1037	77	86	15	4·1			
		30·8 C	40·13N					
Körpergewicht 34220								

Nachdem die Nachwirkungen des Morphiums verklungen und wieder regelmässige Ausscheidungen, denen der früheren Perioden ähnlich, eingetreten waren, schritt ich

Tabelle XIII.

zum Versuche über die Wirkung des zweitwichtigen Bestandtheiles der Karlsbader Quellen, des kohlensauren Natrons.

Über die Art der Verabfolgung habe ich hier nichts mehr zu sagen, die tägliche Menge ist in der Tabelle angegeben. Ich kann nach den vorliegenden Zahlen nicht behaupten, dass sich von diesem Mittel irgend eine entschiedene Wirkung in unserem Falle gezeigt hätte; die Harnstoffausscheidung ist zwar etwas geringer, die Zuckerziffer aber um ein Beträchtliches grösser geworden.

Tabelle XIII.

Harnmenge	Spec. Gewicht	Zucker	Harnstoff	NaCl	PO_5	Medicament	Zufäll
2750	1036	88	83	17	4·4	2 Gramm $NaOCO_2$	Geringe Eiweissmengen im Harne
2860	1036	100	84	15	4·5	2 „	
3120	1037	115	89	19	4·4	2 „	
2800	1035	78	91	19	4·3	2 „	
3200	1037	122	106	12	4·9	2 „	
2440	1039	93	71	12	4·6	4 „	
2550	1038	97	68	11	3·9	4 „	
2580	1039	101	81	16	4·5	4 „	
2770	1036	91	81	15	4·9	4 „	
3020	1031	71	72	22	5	4 „	
3060	1028	64	58	15	5·4	4 „*	Unwohlse Depressi
2000	1029	40	41	17	3·9	4 „*	Appetitma
1720	1026	41	17	5	3·1	4 „*	Verlangen gemischte
Mittelzahl							
2808	1036	96 34·4C	82 38·26 N	16	4·5		

Körpergewicht 34200

Seegen [1] erhielt bei der Fütterung des I saurem Natron das geringste Stickstoffdeficit Gewichtszunahme, weshalb es ihm scheint, , die Ausscheidung der stickstoffhältigen Um die Nieren in Form von Harnstoff wesentlich

Auch beruft sich derselbe [2] zur Erkläru minderung durch Karlsbader Wasser auf da ment von Pavy, der durch Zerstörung de Thieren Zuckerharnen hervorzurufen im Stan folg jedoch jedesmal ausbleiben sah, wenn er kohlensaures Natron in das Gefässsystem ge

Unsere Tabelle zeigt nun keine V Harnstoff-, am allerwenigsten jedo derung der Zuckerausscheidung.

---

[1] a. a. O.

[2] Virchow's Archiv Bd. 21.

In den letzten Tagen dieser Reihe bemächtigte sich des Kranken wegen der wieder bedeutenderen Zuckerausscheidung Kleinmuth und Gemüthsverstimmung. Er behauptete, jede Art Fleischnahrung sei ihm schon widerwärtig und bat flehentlich, ihn wenigstens durch einige Tage wieder gemischte Kost geniessen zu lassen. Ich war mit diesem Ansinnen um so eher einverstanden, als ich noch die Wirkung des Morphiums bei gemischter Nahrung kennen lernen wollte und ich voraussah dass der Kranke bald von selbst zur Fleischkost wieder zurückkehren werde. Er wurde daher unter dieselben Ernährungsverhältnisse gesetzt, wie zu Eingang der Versuche in Tabelle I. Der Zucker im Harne erhob sich rasch und wurde daher nach 3 Tagen, deren Ergebnisse in

Tabelle XIV.

Harnmenge	Spec. Gewicht	Zucker	Harnstoff	NaCl	PO_5	Medicament	Zufälle	Nahrung
4220	1033	245	57	16	2·7	4 Grm. $NaOCO_2$	Eiweiss	280 Gr. Fleisch, 455 Gr. Brod, 300 Gr. Mehlspeise 300 Gr. Gemüse 525 CC. Wein, 350 CC. Milch, 200 CC. Mandelmilch.
3720	1040	252	57	24	1·9	8 " 40 Mgrm.		
4870	1040	372	57	24	2·7	Morphi.		
Mittelzahl								
4270	1037	290	57	21	2·4			
		116 C, 26·6 N						

Körpergewicht 33000

verzeichnet sind, zum Morphiumversuche bei gemischter Kost geschritten. Eine längere Vorperiode schien unnöthig, da Tabelle I wegen der gleichen Bedingungen zur Vergleichung benützt werden konnte.

Tabelle XV.

Die Leistungen des Morphiums ergeben sich aus einer Vergleichung dieser mit der ersten Versuchsreihe von selbst. Die Harnmenge ist nun 2449 CC.; der Zucker um 138, der Harnstoff um 33, die Phosphorsäure um 0·8 Gr. in ihrer täglichen Ausscheidung gefallen. Jede weitere Erklärung ist überflüssig.

Tabelle XV.

Harnmenge	Spec. Gewicht	Zucker	Harnstoff	NaCl	PO_5	Medicament	Zufälle	Nahrung
3500	1041	336	41	26	1·9	80 Mgrm. Morph.	Spuren v. Eiweiss	Siehe Tabelle XIV.
2510	1043	193	35	11	2·2	80 „	ϴ	
2120	1045	165	29	10	2	80 „	ϴ	
2600	1041	234	31	16	2·2	120 „	ϴ	
3370	1038	229	34	23	3·3	160 „	ϴ	
3270	1042	261	34	16	1·6	200 „	ϴ	
2500	1044	195	33	14	2·2	240 „	ϴ	
2410	1045	192	31	14	2·2	ϴ	ϴ	
Mittelzahl								
2785	1042	226 90·40 C	33 15·40 N	16	2·2			
Körpergewicht 33930								

Tabelle XVI.

Auf Verlangen des Kranken selbst wurde die gemischte Kost bald wieder aufgegeben und sollten nach abermaliger Gewöhnung an absolute Fleischnahrung neue Versuche unternommen werden, als dieses Vorhaben auf eine unerwartete Weise vereitelt wurde.

Im linken äusseren Gehörgange des Kranken entstand ein Furunkel, der sich auf ganz gewöhnliche Weise entwickelte und entleerte, jedoch von einem Erysipel gefolgt war, welches den Kranken nach einigen Tagen tödtete. Es war dasselbe nicht bedeutend, auch das Fieber war gering, dessenungeachtet musste ihm der zerrüttete Organismus unterliegen.

Bemerkenswerth ist, dass die Ausscheidungen, trotzdem der Kranke in den letzten Tagen fast ohne Nahrung blieb, sozusagen bis zur letzten Stunde den Charakter eines bedeutend gesteigerten Stoffwechsels an sich tragen und daher beweisen, dass der Diabetiker auch im Hungerzustande viel von seinen Körperbestandtheilen zerstört.

Der Sectionsbefund lautet folgendermassen:

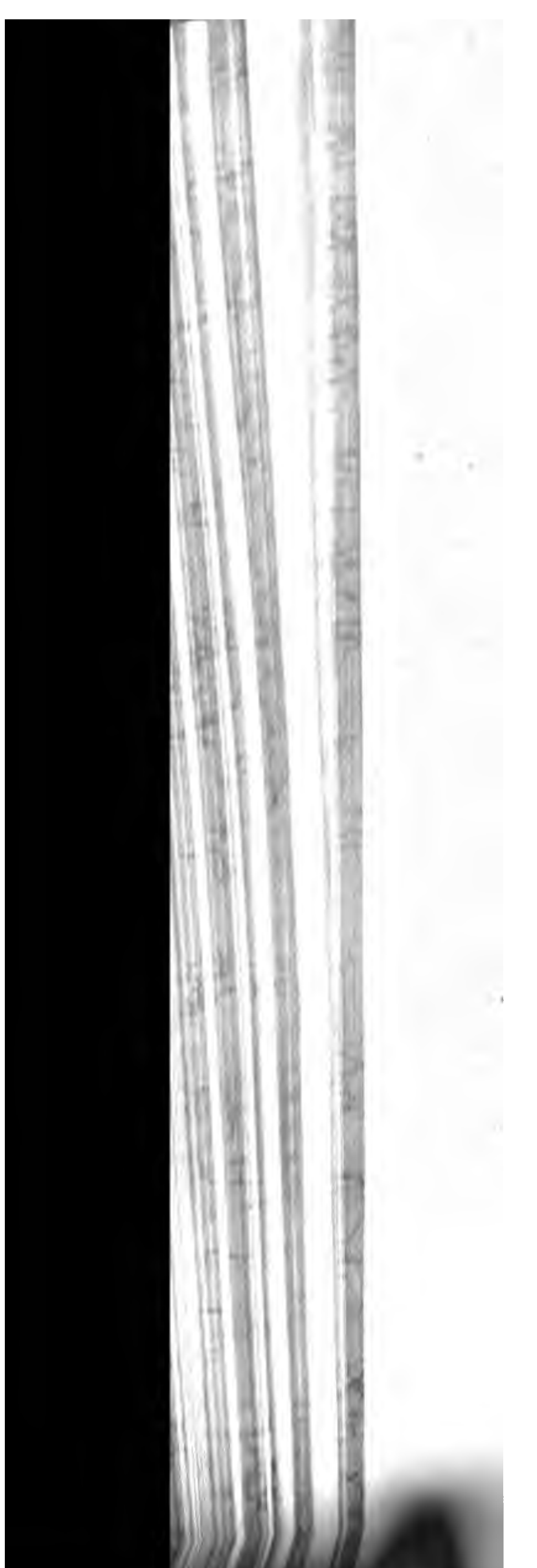
Die Leiche ist mittelgross, hochgradig abgemagert, die Haut mit Ausnahme der linken Gesichtshälfte an der Vorderfläche des Stammes und der Extremitäten rein weiss. An der Rückenfläche des Stammes und der Extremitäten mit spärlichen, blassvioletten Senkungsflecken bedeckt.

Der Thorax ist lang und schmal, der Unterleib flach.

Das Schädeldach oval, 3—6 Millim. dick und schwammig. An der Vorderfläche der linken Stirnbeinhälfte finden sich an der *Lamina vitrea* zwei etwa hanfkorngrosse, flach aufsitzende Knochenauswüchse. — Die *Dura mater* ist dünn und zähe, theils bläulich- theils röthlichweiss und stark durchscheinend. Die *Sinus* derselben enthalten flüssiges und locker geronnenes Blut. — Die inneren Hirnhäute sind allenthalben dünn, farblos und durchsichtig, in der Nähe der *Incisura cerebri* mit einzelnen Pacchio-

Tabelle XVI.

Harnmenge	Spec. Gewicht	Zucker	Harnstoff	NaCl	PO_5	Medicament	Zufälle	Nahrung
2170	1041	150	30	14	2·2		Kein Eiweiss	1050 Gr. gehacktes Fleisch, 5 Eier, 1750 CC. Fleischsuppe, 525 CC. Wein, und Sodawasser nach Durst.
3200	1041	208	39	21	2·2		—	
3260	1037	163	62	16	3·6			
2510	1033	75	69	16	4·5		—	
2670	1034	87	72	18	4·1		—	
3210	1036	128	82	20	4·8		—	
3270	1035	144	84	14	4·6		—	
3060	1036	120	83	15	4·6		—	
3450	1037	145	85	18	4		—	
2700	1035	113	64	18	4		—	
2500	1037	135	63	13	4·1		Eiweiss-Spur.	
2570	1035	87	57	17	4·1		„	
2800	1036	120	56	17	4·3		„	
2610	1036	107	55	15	5·1		„	
2600	1035	91	58	14	4·4		„	
2330	1041	93	54	13	4·7			
2930	1037	117	59	13	5·4		ImmerSpuren	300 Grm. Fleisch, 10—12 Eier, flüssige Nahrung wie früher.
2830	1036	113	52	20	4·1		von Eiweiss	
2470	1036	93	49	16	4·3		Furunkel im lk. Gehör-	
2120	1037	110	40	10	3·3		gange, grosse Schmerz.	
2790	1037	159	53	14	5		Entleerung von Eiter,	
2680	1036	102	55	12	5		Erleichterung.	
3100	1037	146	53	21	4·5			
2200	1034	90	36	12	4			
2630	1032	110	43	10	5		Erysipel fort-	
2210	1032	91	39	10	3·5		schreitend,	



Harnmenge	Spec. Gewicht	Zucker	Harnstoff	NaCl	PO_5	Medicament	Zufä
3170	1029	95	53	15	5.4		Blas. b
1930	1031	66	33	9	2·9		Fiel
2600	1026	62	33	13	4		Colla
							To
Mittelzahl							
2364	1035	114	55	15	4·2		
		45·60C	25·66N				

Körpergewicht 29400

nischen Granulationen bewachsen.

Die Substanz des Gehirnes ist sehr zähe, weiss, mit einem Stiche ins Röthliche, die I Die Ventrikel enthalten einige Tropfen einer Flüssigkeit. Das Ependym des vierten Ventrik zähe, und zeigt in der Gegend der *Striae acus* eine mohnkorngrosse, weissliche, härtliche Gr

Die linke Lunge im ganzen Umfange : allenthalben flaumähnlich weich, in den vor grauroth, fast trocken, in den hinteren hell einer geringen Menge schäumiger hellrother tränkt. — Die rechte Lunge in den hinteren l Lappens und an ihrer Basis durch langfase angewachsen; ihre Substanz ähnlich besch linken.

Die Höhlen des Herzens enthalten theil rothes Blut, theils lockere Blut- und Fasers Musculatur des Herzens ist schwer zerreissl Das Endocard ist allenthalben dünn und du Intima der aufsteigenden Aorta finden sich in leicht vorragende knorpelähnlich harte, gelb rungen.

Die Substanz der Leber ist wenig hart, le hell, theils dunkelbraun und an einzelnen kl ins Gelbliche gefärbt. Die Pfortaderverästlung

flüssiges dunkelrothes Blut; die Gallenblase dickflüssige dunkelgrüne Galle.

Die Substanz der Milz ist härtlich, grobkörnig, rothbraun.

Der Magen enthält in seinem Grunde eine dickliche, schmutzig dunkelbraune Flüssigkeit; die Schleimhaut desselben ist dünn und weich, theils schmutziggrau, theils röthlich punktirt. In der *Pars pylorica* in der Nähe der Klappe finden sich mehrere, dicht gedrängt stehende feine, mit Blut gefüllte Gefässverästlungen.

Die Substanz des Pankreas ist härtlich, von grobkörniger Structur und grauer bis grauröthlicher Farbe; der Ausführungsgang ist allenthalben durchgängig. — Im untern Ileum ist grünlich gefärbter Chymus, die Schleimhaut daselbst dünn, hellgrau, durchscheinend.

Im unteren Dickdarm sind geballte Faeces, die Schleimhaut desselben ist dünn, schmutzig dunkelgrau, wenig durchscheinend.

Die Substanz der Nieren ist zähe, schwer zerreisslich, von deutlich faseriger Structur, die Rinde grau und roth punktirt, das Mark gleichmässig dunkel-rothbraun.

Die Harnblase ist gefüllt mit dünnem, durchsichtigen, blassgelben Harne.

Diagnose: Granulationen am Ependym des vierten Hirnventrikels, Exostosen an der innern Fläche des Stirnbeines, partielle Anwachsung der rechten Lunge, partielle Verfettung der Leber.

Der der Leiche entnommene Harn enthielt 2·4% Zucker, 1% Harnstoff, 0·31% NaCl und 0·16% Phosphorsäure.

Im Blute sowohl des Herzens, der Milz und Nieren, besonders aber der Leber fanden sich Spuren von reducirenden Substanzen; aus der vom Blute gut abgepressten Leber liess sich durch heisses Wasser ein Körper ausziehen, der durch Zusatz von Alkohol gefällt wurde und in Säuren und heissem Wasser sich wieder löste; derselbe wurde durch Jod etwas bräunlich gefärbt und entfärbte seinerseits schwefelsaures Kupferoxyd nach Säurezusatz.

Bei nochmaliger, vergleichender Betrachtung sämmtlicher Tabellen fällt — abgesehen von dem schwankenden Zuckerverluste, eine unter allen Verhältnissen sich offenbarende hohe

Ziffer — man darf wohl sagen sämmtlicher Ha
besonders aber ist die Harnstoffausscheidung
ausgezeichnet. Darauf habe ich gelegentlic
Abhandlung mehrmals hingewiesen.

Wenn wir bedenken, dass die mittlerei
chen Harnstoffausscheidung beim Menschen
35—38 Grm., von Becquerel auf 18·5, vo
von Lehmann auf 22—36 Grm. angenomn
allerdings zu bemerken ist, dass einzelne d
einer Zeit stammen, in der die Harnstoffbest
gelhaft war — daher die angeführten Ziffern
griffen sind — wenn ferner Ranke in seiner
giltigen Untersuchung[1] angibt, dass er — d
Mann — bei der höchstmöglichen Fleischna
nur 86 Grm. Harnstoff ausschied, so müssen
kaum halb so schweren Kranken überraschen

Ranke war nicht im Stande, mit seinem
ungsapparate die Masse des genossenen Fleis
wie eine Vergleichung des Stickstoffgehaltes
des ausgeschiedenen Harnstoffes auf den erste
rend Voit's Versuchshund bei 35 Kilo Kö
2500 Grm. Fleisch vertrug; er muss daher a
Beschaffenheit unserer Verdauungsorgane ders
gen nicht gerecht werden könne; auch vermin
der sich bei jedem Menschen in grösserer ode
finde, bekanntermassen die Umsetzung sticks
bestandtheile.

Dem gegenüber ist hervorzuheben, dass
Harnstoffausscheidungen zu urtheilen, der vor
entblösste Organismus unseres Kranken
Beziehung wie der eines Fleischfress

Die hohe Ziffer der Harnstoffausscheidun
auch nach anderen Methoden den Stickstoffge
bestimmen, obwohl, wie Eingangs erwähnt,
mit grösster Sorgfalt bereitet, mit andern v
kommen richtig befunden worden war.

---

[1] Du Bois — Reichert's Archiv 1862.

Die Verbrennung des Harnes mit Natronkalk nahm ich nach der Schneider-Seegen'schen Methode [1] vor mit der einzigen Änderung, dass die Vorlage für die titrirte Schwefelsäure durch eine schon angeschmolzene lange und entsprechend umgebogene Glasröhre direct mit dem Verbrennungskölbchen in Verbindung gesetzt werden konnte und daher jede Art von Kautschukverbindungen unnöthig war. Die Bestimmung nach der Dumas'schen Methode geschah mit allen jenen Cautelen, welche Nowak [2] bei seinen Fleischanalysen beobachtet hatte. Die Verbrennungen geschahen im Laboratorium des Herrn Prof. Schneider.

Für je eine Bestimmung nahm ich immer genau 5 CC. Harn und stelle die erhaltenen Resultate übersichtlich in der nachfolgenden Tabelle zusammen.

Harn	Stickstoff aus dem Harnstoffe nach Liebig	Stickstoff aus der Verbrennung nach		Differenzen
		Will-Warrentrapp	Dumas	
5 CC. diabet.	59·70=1·194%	43·82=0·876%		15·88=0·318%
5 „ „	56 =1·120%	43.82=0·876%		12·18=0·244%
5 „ „	48·75=0·975%	31·50=0·630%		17 25=0·345%
5 „ „	43·40=0·860%	33·60=0·672%	36·84=0·737%	9·80=0·188% und 6·56=0·123%
5 „ gesund.	61·25=1·225%	56 =1·120%		5·25=0·105%

Nach den Zahlen dieser Tabelle ergibt sich, dass die Varrentrapp'sche Methode überall den geringsten, die Liebig'sche den höchsten Stickstoffgehalt anzeigt, während die leider nur einmal ausgeführte Dumas'sche Analyse ein zwischen beiden in der Mitte liegendes Resultat liefert.

Zugleich sehen wir, dass die Abweichungen in den Resultaten der Analysen immer nach derselben Seite fallen, d. h. dass nach Liebig's Methode immer zu viel Stickstoff angezeigt wird, während die hierüber ausführlicher angestellten

[1] Sitzungsberichte der Wiener Akademie 1867. Bd. 55.

[2] Sitzungsberichte d. W. A. 1871. Bd. 64, Abth. II.

Versuche von Schenk [1] bald ein zu viel, ba
Harnstoff durch Quecksilber gegenüber der
Verbrennung ergeben.

Der Grund dieser letzteren Erscheinung
forschen. Der Umstand jedoch, dass die erwä
in allen Analysen des diabetischen Harns wecl
beträchtlicher zeigt, als in der des gesund
hinzudeuten, dass im Harne des Diabet
Stoffe in vermehrter Zahl sich finden,
dass sie vielleicht mit dem Quecksilber ungeka
eingehen oder auf andere Weise mehr Tite
spruch nehmen, den Stickstoffgehalt zu
lassen. Auf das Kreatinin ist in dieser Bez
hingewiesen worden. Wir hätten hier eine äh
wie im Verhalten gewisser Stoffe zur Zucke

Da jedoch auch die Verbrennung nach
Methode, welche bei Schenk [2] stets übereins
mit der Varrentrapp'schen ergeben hatte,
ein nicht ganz unbedeutendes Plus gegenü
trapp'schen Bestimmung liefert, so wäre
dass im diabetischen Harne Stof
welche bei Verbrennung mit Natronk
Stickstoff in Form von Ammonia
lassen, wie dies Strecker für das Guani
für die Kynurensäure dargethan hat. Hierül
durch zahlreichere Analysen eine Bestätigung

Diese dargelegten Verhältnisse lassen je
unserer Versuchsreihen unangefochten, weil e
renz in der Stickstoffbestimmung für den We
chungen zu gering erscheint, anderseits alle H
gen fortlaufend mit einer und derselben Titer
wurden, so dass selbst ein supponirter Fehl
wenig zu bedeuten hätte, da er sich bei allen
gen in gleicher Weise hätte geltend machen m

Die Phosphorsäure geht als treue Begleit
einher, sie steigt und fällt in der Ausscheidung

[1] Sitzb. d. W. A. Bd. 59, II. Abth. — [2] a. a. O. –

Verhältnisse und unter den versuchten Medicamenten zeigte sich keines von speciellem Einflusse auf diesen Körper.

Auf diese hohen Harnstoff- und Phosphorsäure-Ausscheidungen beim *Diabetes mellitus* ist schon wiederholt aufmerksam gemacht worden; so von M. Gregor, Günzler, Mosler[1], Boecker[2], Haughton[3], Reich[4], Rosenstein[5], Huppert[6], Thierfelder und Uhle[7], Neubauer[8], Vogel[9], Beneke[10] und Anderen.

Während aber diese vermehrte Ausscheidung von den Meisten der Genannten nur als einfache Folge der hohen Stickstoffeinnahme betrachtet wird und nur Wenige, darunter Haughton und Huppert, ausdrücklich von einem stärkeren Eiweissumsatze, und Zerfall der Gewebe bei diesem Krankheitsprocesse sprechen, haben besonders die Untersuchungen von Gaethgens[11], Pettenkofer und Voit[12] entschieden den höheren Stoffwechsel des Diabetischen gegenüber dem Gesunden nachgewiesen.

Eine einfache Überlegung ergiebt dies übrigens als etwas Selbstverständliches. Denn wenn der Diabetiker neben den anderen Ausgabsposten gegenüber dem Gesunden noch eine mitunter sehr beträchtliche Zuckermenge verliert, wenn er einen

---

[1] Archiv des Vereins für wissenschaftliche Heilkunde 3. Bd.

[2] Untersuchungen über Diabetes mellitus. Deutsche Klinik 1853, Nr. 33.

[3] On the phenomena of Diab. mell. Dublin — quaterly Journal of medic. Science 1861, 1863.

[4] De Diabete mell. quaest.: dissert. inaug. Gryphiae 1859.

[5] Ein Fall von Diab. mell. Archiv für pathol. Anatomie Bd 12, S. 414.

[6] Über die Beziehung der Harnstoffausscheidung zur Körpertemperatur im Fieber. Archiv für Heilkunde 1866, Bd. 7 und ebendaselbst Bd. 8; Über die Glycosurie bei Cholera.

[7] Archiv für physiol. Heilkunde 1858.

[8] Journal für prakt. Chemie, Bd. 67.

[9] Handbuch der speciellen Path. u. Therap. v. Virchow, Bd. 6, Abth. 2.

[10] Zur Physiol. u. Pathol. des phosphorsauren u. oxalsauren Kalks, Göttingen 1850.

[11] Über den Stoffwechsel eines Diabetikers verglichen mit dem eines Gesunden. Dorpat 1866.

[12] Über den Stoffverbrauch bei der Zuckerharnruhr. Zeitsch. für Biologie 1867.

gewissen Theil derselben auch bei absoluter Fleischnahrung ausscheidet, ihn also aus den Albuminaten der Nahrung und des Körpers bestreiten muss, wenn er dabei in seinem Ernährungszustande bis aufs Äuserste herunterkommt und Nahrungsmassen, bei denen ein anderer Organismus, vorausgesetzt dass er sie zu verdauen vermöchte, nothwendig Körpermasse ansetzen müsste, kaum genügen, ihn bei diesem kümmerlichen Zustande am Leben zu erhalten, so wird man doch hier ebenso gut von einer vermehrten Zersetzung der Körperbestandtheile sprechen müssen, wie uns das Schwinden derselben in fiederhaften Zuständen als Folge einer lebhaften Verbrennung verständlich ist.

Der rasche Gewebszerfall und die erhöhte Ausscheidung seiner Producte ist daher das Primäre, Bedingende, die gesteigerte Nahrungsaufnahme zum Ersatze des Verlorenen das Bedingte, und ist es also unstatthaft, den Grund der vermehrten Harnstoffausscheidung einzig und allein in der vermehrten Nahrung zu suchen, da diese selbst Folge ist und hier nicht die relativen, sondern absoluten Grössen der Ausscheidung massgebend sind.

Es zeigt sich dies in der unzweideutigsten Weise in den oben angeführten Untersuchungen von Gaethgens, Pettenkofer und Voit. Während der erstere findet, dass die Stickstoffausscheidung des Diabetikers höher ist, als die eines anderen Gesunden, der unter derselben Ernährung steht, zeigen die letzteren, dass im Hungerzustande, wo doch Nahrungsverhältnisse gar nicht in Betracht kommen, der 54 Kilo schwere Diabetiker nahezu eben so viel Körperfleisch im Tage zersetzte (326 Grm.), wie der 71 Kilo schwere Gesunde (328 Grm.); Ranke — 70 Kilo schwer — zersetzte im Hungertage nur 262 Grm. Körperfleisch. Ebenso waren auch bei unserem Kranken wie oben erwähnt, einige Tage vor seinem Tode, wo er nahezu nichts genoss, die Stickstoffausgaben noch immer sehr bedeutend.

Auch Seegen [1] erhält in zahlreichen Fällen hohe Stickstoffausscheidungen, will jedoch eine vermehrte Zerstörung der Körperbestandtheile beim Diabeteskranken nicht gelten lassen.

Haben wir so in einer überaus raschen Zerstörung von Körpermasse eine wesentliche Ersch

[1] Der Diabet. mellitus. Leipzig 1870.

des diabetischen Krankheitsprocesses erkannt, so ist doch die Frage, ob wir in ihr auch das Wesen der Krankheit erblicken sollen, noch keineswegs im Sinne von Pettenkofer und Voit entschieden.

Die genannten Forscher berechnen nämlich aus der ausgeschiedenen Kohlenstoff- und gleichzeitig eingenommenen Sauerstoffmenge, dass die letztere zur vollständigen Verbrennung der ersteren zu Kohlensäure unzureichend sei, daher ein höheres Glied in der Verbrennungsreihe — Zucker — ausgeschieden werden müsse. Sie nehmen daher an, dass das Wesen des Diabetes in einem Missverhältnisse zwischen Sauerstoffaufnahme und gleichzeitiger vermehrter Zersetzung der Körperbestandtheile bestehe, bei welchem es unmöglich sei, dass alle Spaltungsproducte zu Kohlensäure verbrennen können, sondern ein Theil derselben als Zucker zur Ausscheidung gelangen müsse.

So bestechend diese Auseinandersetzungen für den ersten Augenblick auch scheinen und so sehr sich die ins Grosse gehende Auffassung der beiden Forscher über die Stoffwechselvorgänge, gestützt auf exacte Untersuchungsmethoden empfiehlt, erregt doch diese Darstellung der Verhältnisse manche Bedenken.

Zunächst muss es namentlich den Kliniker, welcher den Zucker im Harne als ein pathologisches Product zu betrachten gewohnt ist, überraschen, diesen Körper auf einmal unter jenen Stoffen zu finden, die bei grossem Gewebszerfalle zur Ausscheidung gelangen können; andererseits ist es ihm schwer begreiflich, wie beim gesunden Zustande der Lungen weniger Sauerstoff aufgenommen werden sollte, als der Organismus bedarf, da derselbe doch in so reichlichem Masse mit jenen Organen ausgestattet ist, dass sie selbst sehr bedeutenden Anforderungen gerecht werden könnten. Überdies ist uns gerade bei jenen krankhaften Vorgängen, wo rasche Körperzerstörung mit geringer Sauerstoffeinnahme Hand in Hand geht — ich meine den verschiedensten Formen der Lungenerkrankungen — von einer Zuckerausscheidung nichts Sicheres bekannt[1]; ferner bliebe noch zu beweisen, dass die massenhaften Spaltungsproducte im Diabetes

[1] Das angebliche Vorkommen von Zucker im Harne der Phthisiker bedarf noch der Bestätigung.

gerade in Form von Zucker und nur in diese
müssen; auch lässt sich nicht erklären, waru
eiweisse, welches doch im Diabetiker in gross
sein muss, gerade hier seine bekannte Fähi
zuziehen, abgehen sollte, und endlich lässt si
ner[1] und Seegen[2] bemerkt, aus der Zucke
das Missverhältniss zwischen Sauerstoffauf
Gewebsuntergange erklären. Wenn der Diab
luter Fleischnahrung Zucker ausführt, so m
Albuminaten abspalten, daher diese in reichlic
werden, als dies unter denselben Verhältnis
geschieht, und wenn ferner diese Spaltungsp
von Zucker ausgeführt werden, so braucht in
nismus um so viel weniger an Sauerstoff a
vollen Verbrennung derselben zu Kohlensä
wäre.

Eine endgiltige Entscheidung in dieser F
nicht früher getroffen werden können, bis die
bildung im Organismus auf die unzweifelhafte
sind. Und selbst dann, wenn wirklich aus
teten Missverhältnisse zwischen Zersetzung v
Sauerstoffaufnahme mit zwingender Nothwen
Ausfuhr von Zucker erfolgte, würde man
Weise nach der Ursache fragen, welche je
erzeuge.

Ich muss in dieser Beziehung ausdrück
nisse des Sectionsbefundes in unserem Falle
Zuckerbildung und Beeinflussung der Athmu
begreiflich erscheinen lassen. Wenigstens kö
wucherungen — wie in unserem Falle — ode
Veränderungen in den Gebilden des vierten
Athmungscentrum und jene Stelle berühre
letzung Zuckerausscheidung im Harne erfolg
man nach dieser Auffassung, dass der Diabete

---

[1] Bericht über die Fortschritte der Anato
Jahre 1867, S. 405.

[2] a. a. O.

derter Stoffwechselvorgänge entstandener Krankheitsprocess sei, den Grund und das Wesen der Erkrankung wohl meist in pathologischen Veränderungen des Nervensystems zu suchen haben, welches jenen Stoffwechselvorgängen vorsteht und sie regelt. Hiefür würde auch die eminente Wirkung des Morphiums auf die Zuckerausscheidung sprechen.

Doch liegt dies alles noch in weiter Ferne und hier können wir nur so viel anführen, dass in unserem Falle weder eine Erkrankung des Magens, noch des Pankreas, noch der Leber — die geringen verfetteten Partien würde ich lieber für einen Folgezustand der Krankheit, als für ihre Ursache halten, sowie sich auch vorkommenden Falles eine Magen- oder Pankreaserkrankung in dieser Weise auffassen liesse — die Ursache der Zuckerbildung sein konnte, sondern dieselbe auf die Veränderungen des Ependyms der vierten Gehirnkammer zurückgeführt werden müsse [1].

Was nun die Resultate und Zweckmässigkeit der in dieser Untersuchung geprüften Behandlungsmethoden des Diabetes mellitus anbelangt, so haben wir hierüber folgendes erkannt:

Das einfachste und wirksamste Mittel gegen die Zuckerausscheidung besteht in absoluter Fleischnahrung. Aus Albuminaten muss sich der Zucker erst abspalten, wird daher in geringerem Masse ausgeschieden, als bei Genuss von Kohlehydraten, die ihn gleich als solchen zur Aufnahme und Ausscheidung bringen.

Es mindern sich bei dieser Nahrung alle jene Erscheinungen, die durch die Anwesenheit von Zucker im Blute hervorgerufen werden, oder sie verschwinden bei geringgradigem Krankheitsprocesse auch wohl ganz mit dem Zucker im Harne. Ist es daher in solchen Fällen höchst wünschenswerth, die Ernährung durchaus mit Eiweisskörpern zu besorgen, da hiedurch nicht allein die Zuckerausscheidung gehemmt, sondern auch ein ge-

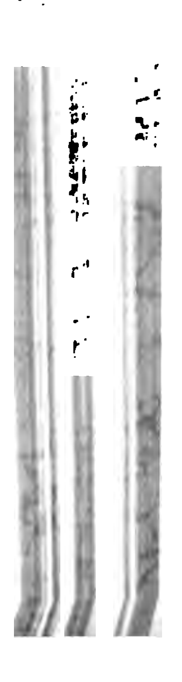
---

[1] Vergl. die Literatur über die pathol. Anatomie des Diabetes bei Seegen: Der Diabetes mellitus u. Hein. Deutsches Archiv für klin. Medicin, 8. Bd.

deihlicher Ernährungszustand und vielleicht ein Ansatz v(Körpermasse ermöglicht wird, überhaupt die Folgen der Erkra kung hintangehalten und ein ungünstiger Ausgang möglich hinausgeschoben wird, so ist diese Art Ernährung geradezu notl wendig in solchen Fällen, bei denen der Krankheitsprocess ı jener Höhe gediehen ist, dass selbst bei absoluter Fleischnahrun noch beträchtliche Zuckermengen ausgeschieden werden. - Mässige Mengen Fettes können theils in der festen Nahrung b der verschiedensten Zubereitung des Fleisches, theils im Getränl gegeben werden, wozu sich Mandelmilch besonders eignet. Die Nahrung wird sehr gut vertragen und kann bei geregelter Al wechslung der Producte der Kochkunst, die sich aus den ve schiedenen Fleischarten erzeugen lassen, für lange Zeit durcl geführt werden, ohne dass Widerwillen dagegen eintritt.

Über die Zulässigkeit anderer Nahrung wird in den ve schiedenen Arbeiten über Diabetes, besonders bei Seegen au führlicher gehandelt.

Weder vom kohlensauren, noch schwefelsaure Natron haben wir in unserem Falle eine Wirkung au die Zuckerausscheidung gesehen, auch keine Ersparnis an Stickstoff durch das letztere gefunden, sondern im Gegen theile eine Erhöhung des Stoffwechsels. Gleichwohl wäre auc unter diesen Verhältnissen eine bessere Verbrennung des Zucker nicht unmöglich, wie wir dies an entsprechender Stelle des wei teren ausgeführt haben, wenn auch entscheidende Beweise hier über nicht vorliegen. Denn die bekannten vielen Zahlenreiher welche die günstige Wirkung der Karlsbader Quellen auf di Zuckerausscheidung darthun sollen, können insolange hierau keinen Anspruch erheben, als in ihnen nicht in mehrtägigen Rei hen festgestellt ist, wie gross die tägliche Zuckerausscheidun war, bevor die Kranken nach Karlsbad kamen, um wie viel sicl dieselbe veringerte durch die Einhaltung einer strengen Fleisch diät, mit der in jenem Badeorte gleich begonnen wird, und endlich ob und um wie Grosses dann noch durch die Trink kur die Ziffer der Zuckerausscheidung heruntergedrückt wurde. Bei der Darreichung zweier Medicamente zu gleicher Zeit lässt sich auf die Wirkung jedes einzelnen derselben nichts schliessen und ist man daher gezwungen, jenen Zahlen den Fall



Traubes[1] entgegenzuhalten, der bei Einhaltung der eben gestellten Bedingungen an seinem Kranken keine Verminderung der Zuckerausfuhr durch Karlsbad feststellen konnte.

Im Morphium besitzen wir ein Mittel, das unzweifelhaft nicht nur die Zuckerausscheidung um ein Bedeutendes, sondern auch den Gesammtstoffwechsel entschieden einzuschränken vermag.

Ich kann mich bei der Anlage und dem Zwecke vorliegender Arbeit nicht darüber aussprechen, wie viel an Stickstoff dadurch erspart wird; die geringeren Ausscheidungen und der Ansatz an Körpermasse während des Morphiumgebrauches beweisen nur, dass es geschah[2]. Natürlich muss in hochgradigen Fällen die absolute Fleischnahrung trotz des Mittels beibehalten werden, die Art jedoch, wie es selbst bei gemischter Kost auf die Zuckerausscheidung wirkt, lässt vermuthen, dass man in geringgradigen Erkrankungsformen bedeutende Resultate damit erzielen könnte. Dazu kommt noch, dass, je geringer die Zuckerausfuhr ist, desto geringer die tägliche Morphiumgabe sein darf, ja dass bei der Nachwirkung dieses Medicamentes eine zeitweise Aussetzung desselben ermöglicht und dadurch viel von jenen unangenehmen Zufällen beseitigt wird, welche namentlich dem habituellen Opiumgenusse ankleben.

Als Gabe würde ich jene geringste Menge des Mittels empfehlen, bei welcher einige Tage hindurch die Zuckerausfuhr unterbleibt, wenn auch später wieder geringe Mengen auftreten. Denn kleine Zuckermengen können im Blute und Harne vorhanden sein, ohne im Geringsten die lästigen Symptome des Diabetes zu erzeugen. Die Art der Einverleibung des Mittels müsste sich nach den Umständen richten, man könnte es auch in Form subcutaner Injectionen versuchen.

Diese günstige Wirkung des Morphiums auf die Zuckerausscheidung ist übrigens eine altbekannte, schon 1837 von M. Gregor beobachtete. Wenn ich dessenungeachtet dieselbe einer aus-

---

[1] Virchow's Archiv, Bd. 4.

[2] Vergl. Boeck's Untersuchungen über die Zersetzung von Eiweiss im Thierkörper unter dem Einflusse von Morphium, Chinin u. arseniger Säure. München.

führlichen Untersuchung unterzogen habe, so geschah es besonders deshalb, weil so eingehende Beobachtungen hierüber bis jetzt nicht vorliegen und dieses Medicament in den meisten einschlägigen Werken nur nebenher und geringschätzig erwähnt wird. Dass übrigens sein Einfluss auf den Gesammtstoffwechsel, der in diesen Untersuchungen deutlich gemacht wird, nicht gering anzuschlagen ist, brauche ich erst nicht weiter auszuführen. —

Zum Schlusse will ich noch bemerken, dass mir die Lücken dieser Arbeit keineswegs unbekannt sind und wie weit sie noch von exacter physiologischer Forschung entfernt ist, wie es eben bei Versuchen mit Kranken nicht anders thunlich ist. Wenn ich im Verlaufe derselben hie und da auch Streifzüge in andere Gebiete unternommen habe, wofür sich vielfache Gelegenheit bot, so wird sie dadurch auch für den Kliniker an Interesse nicht verlieren, dem das genaue Studium der Stoffwechselvorgänge als der Schlüssel zum Verständnisse der pathologischen Processe erscheint.

XXII. SITZUNG VOM 17. OCTOBER 1872.

Herr Prof. Dr. Ernst Haeckel in Jena dankt mit Schreiben vom 12. October für seine Wahl zum ausländischen, und Herr Dr. Jul. Hann, mit Schreiben vom 9. October, für seine Wahl zum inländischen correspond. Mitgliede der Classe.

Herr Prof. Dr. E. Mach in Prag übersendet eine Abhandlung: „Über die stroboskopische Bestimmung der Tonhöhe."

Derselbe übersendet ferner zwei von ihm, in Gemeinschaft mit Herrn Dr. J. Kessel ausgeführte Arbeiten, und zwar: 1. „Die Function der Trommelhöhle und der *Tuba Eustachii*"; und 2. „Versuche über die Accomodation des Ohres."

Herr Otto Herman, ehem. Custos am siebenbürgischen Landes-Museum in Szász-Vesszös in Siebenbürgen, übermittelt eine Abhandlung, betitelt: „Das edle siebenbürgische Pferd. — Eine Berichtigung des betreffenden Artikels in M. Dr. Leop. Jos. Fitzinger's „„Versuch über die Abstammung des zahmen Pferdes und seiner Raçen.""

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Accademia delle Scienze dell'Istituto di Bologna: Memorie. Serie III. Tomo I., fasc. 1—4; Tomo II., Fasc. 1. Bologna, 1871 & 1872; 4°. — Indici generali dei dieci tomi della 2da serie delle Memorie. (1862—1870.) Bologna, 1871; 4°. — Rediconto. Anno Accademico 1871—72. Bologna, 1872; 8°.
— R., delle Scienze di Torino: Atti. Vol. VII, Disp. 1a—7a. Torino, 1871—72; 8°. — Bollettino meteorologico ed astronomico del R. Osservatorio dell' Università di Torino. Anno VI. 1872. Quer-4°.

Akademie der Wissenschaften, Königl. Bayer., zu München: Sitzungsberichte der mathem.-physik. Classe. 1872. Heft. 2. München; 8°.

Annalen der Chemie & Pharmacie von Wöhler, Liebig & Kopp. N. R. Band LXXXVIII, Heft 1. Leipzig & Heidelberg, 1872; 8°.

Apotheker-Verein, allgem. österr.: Zeitschrift. 10. Jahrg. Nr. 29. Wien, 1872; 8°.

Arbeiten aus der physiologischen Anstalt zu Leipzig. VI. Jahrgang: 1871. Mitgetheilt durch C. Ludwig, Leipzig, 1872; 8°

Bibliothèque Universelle et Revue Suisse: Archives des Sciences physiques et naturelles. N. P. Tome XLIV[e]. Nrs. 175—177. Genève, Lausanne, Paris, 1872; 8°.

Comitato, R., Geologico d'Italia: Bollettino. Anno 1872, Nr. 5 & 6. Firenze, 1872; gr. 8°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXV, Nr. 14. Paris, 1872; 4°.

Essex Institute: Proceedings and Communications. Vol. VI, Part 3. 1868—71. Salem, 1871; 8°. — Bulletin, Vol. III. 1871. Salem, 1872; 8°.

Gesellschaft, Deutsche, geologische: Zeitschrift. XXIV. Bd., 1. & 2. Heft. Berlin, 1872; 8°.

— Naturhistorische, zu Hannover: XXI. Jahresbericht. 1870 bis 1871. Hannover, 1871; 8°.

— österr., für Meteorologie: Zeitschrift. VII. Band, Nr. 18—19. Wien, 1872; 4°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXIII. Jahrgang, Nr. 41. Wien, 1872; 4°.

Istituto, R., Veneto di Scienze, Lettere ed Arti: Memorie Vol. XVI, Parte 2; Vol. XVII, Parte 1. Venezia, 1872; 4°. — Atti. Tomo I°, Serie IV[a], Disp. 7[a]—9[a]. Venezia 1871—72; 8°.

Landbote, Der steirische, 5. Jahrgang, Nr. 21. Graz, 1872; 4°.

Mittheilungen aus J. Perthes' geographischer Anstalt. 18. Band, 1872, Heft IX. Gotha; 4°.

— des k. k. techn. & administr. Militär-Comité. Jahrgang 1872, 7—10. Heft. Wien; 8°.

— Mineralogische, gesammelt von G. Tschermak. Jahrgang 1872, Heft 2. Wien; kl. 4°.

Nature. Nr. 154, Vol. VI. London, 1872; 4°.

Observations, Astronomical and Meteorological, made at the United States Naval Observatory during the Year 1869. Washington, 1872; 4⁰. Nebst Appendix I & II. Washington, 1870 & 1872; 4⁰.

Repertorium für Experimental-Physik etc. von Ph. Carl. VIII. Band, 2. Heft. München, 1872; 8⁰.

Report of the Superintendent of the U. St. Coast Survey, during the Year 1868. Washington, 1871; 4⁰.

Report of the Commissioner of Agriculture for the Year 1870. Washington, 1871; 8⁰.

Reports, Monthly, of the Department of Agriculture for the Year 1871. Washington, 1872; 8⁰.

„Revue politique et littéraire" et „La Revue scientifique de la France et de l'étranger." IIme Année. 2e Série. Nr. 15. Paris & Bruxelles, 1872; 4⁰.

Smithsonian Institution: Annual Report, for the Year 1870. Washington, 1871; 8⁰.

Société Botanique de France: Bulletin. Tome XVIIe (1870). Comptes rendus 4; Tome XVIIIe (1871), Revue bibliographique E. Paris; 8⁰.

— des Sciences physiques et naturelles de Bordeaux: Mémoires. Tome VIII, 3me cahier. Paris & Bordeaux, 1872; 8⁰.

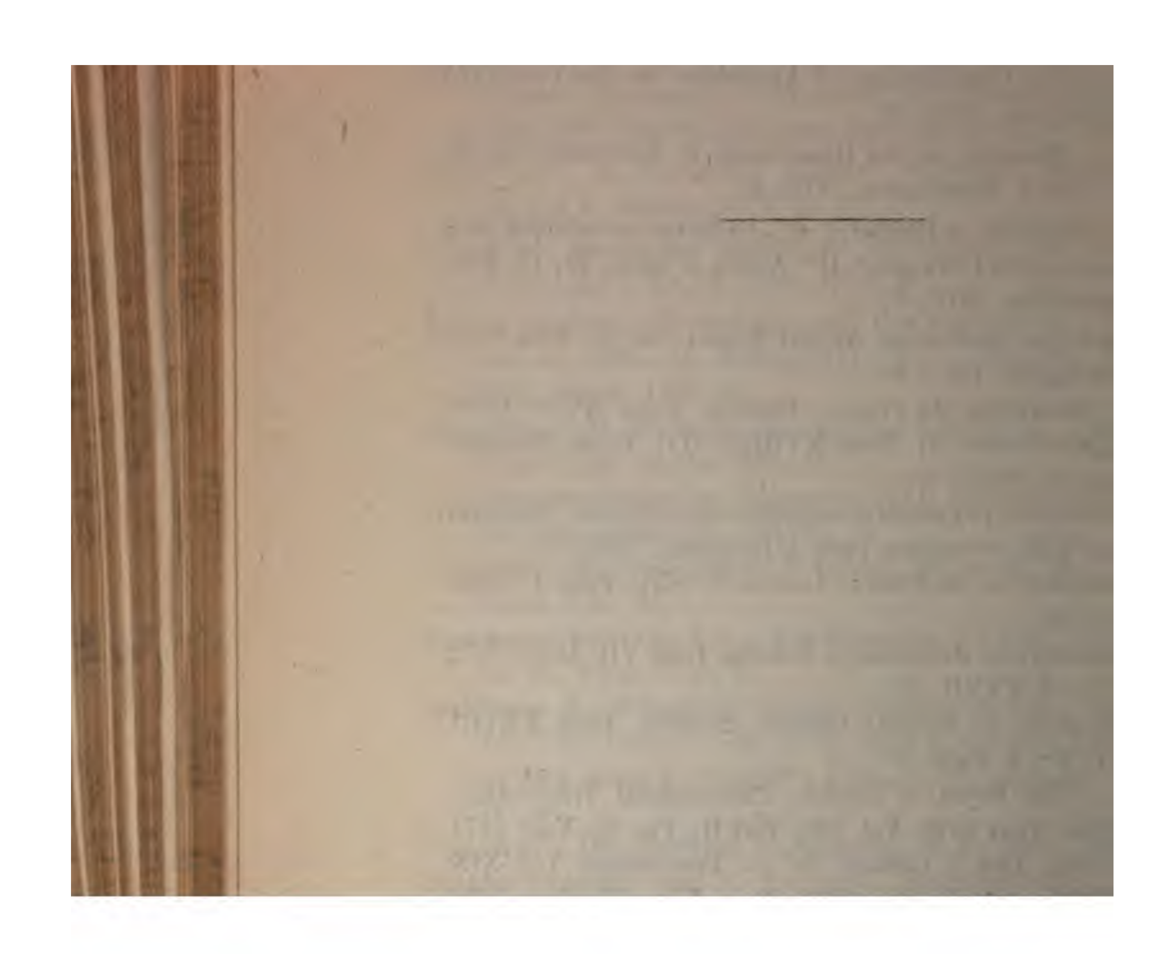
— Entomologique de France: Annales. Ve Série, Tome Ier. Paris, 1871; 8⁰.

— Malacologique de Belgique: Bulletin. Tome VII. Année 1872. Pag. I—LXXXII.; 8⁰.

— Géologique de France: Bulletin. 2e Série, Tome XXVIII. 1871, Nr. 4. Paris; 8⁰.

Society, The Royal, of London: Philosophical Transactions. For the Year 1870. Vol. 160, Part II; For the Year 1871. Vol. 161, Part I. London; 4⁰. — Proceedings. Vol. XIX. Nrs. 124—129. London, 1871; 8⁰. — List of Members 1870. — Catalogue of Scientific Papers (1800—1863.) Vol. V. London, 1871; 4⁰.

— The Chemical, of London: Journal. N. S. Vol. IX, August—December, 1871; Vol. X, January, May—July, 1872. London; 8⁰.



Die Function der Trommelhöhle und der Tuba Eustachii.

Von E. Mach und J. Kessel.

(Mit 5 Holzschnitten.)

1. Die Länge der meisten hörbaren Schallwellen ist bekanntlich so gross, dass der ganze Kopf des hörenden Subjectes wie in die Schallwelle eingetaucht erscheint und dass namentlich bei tieferen Tönen alle Oberflächentheile fast die gleichen Druckvariationen erleiden.

Wäre nun das Trommelfell von beiden Seiten in gleicher (nahe symmetrischer) Weise den Schallwellen zugänglich, so könnte es durch dieselben, da es von beiden Seiten fast die gleichen Pressionen gleichzeitig erfahren würde, nur in unmerkliche Schwingungen versetzt werden.

Der grösste Nutzeffect der Schallwelle für die Trommelfellschwingung wird erzielt sein, wenn das Trommelfell von einer Seite möglichst gegen die Schallwellen geschützt, wenn also die *Tuba Eustachii* geschlossen ist. Anderseits ist aber eine Luftdruckdifferenz zu beiden Seiten des Trommelfells ein beträchliches Hinderniss der Beweglichkeit desselben. Die Tuba muss also zeitweilig geöffnet werden können, um die durch die Schwankungen des äussern Luftdruckes, Diffusion u. s. w. entstandenen Druckdifferenzen auszugleichen.

Die Tiefe der Trommelhöhle kann nicht unter eine gewisse Grenze sinken, wenn Druckvariationen von bestimmter Grösse Trommelfellschwingungen von ebenfalls bestimmter Grösse sollen hervorbringen können, denn bei geringer Tiefe der Trommelhöhle werden schon durch kleine Trommelfellexcursionen bedeutende Expansivkräfte der eingeschlossenen Luft geweckt, welche der weitern Vergrösserung der Schwingungen entgegen wirken. Dieser Umstand ist namentlich für die grossen Excursionen der tiefen Töne wichtig. Damit letztere aufgenommen werden können,



muss die Trommelhöhle einen gewissen Rauminhalt und (gewisse Tiefe haben. Deshalb steht sie, wie es scheint, mit Hohlräumen des Warzenfortsatzes und der übrigen Knochen tien in Verbindung. Eine grössere Trommelhöhle von regelı siger Form könnte wegen der Resonanz nachtheilig werden. her scheinen die unregelmässigen schwammigen Hohlräume, sie sich wirklich vorfinden, vortheilhaft.

Hiernach erscheint es also für die Erzielung mögli grosser Trommelfellschwingungen durch die Schallwellen vortheilhaft, wenn:

a) die Tuba für gewöhnlich geschlossen,

b) zeitweilig zur Ausgleichung der Druckdifferenzen geö und

c) die Trommelhöhle mit grösseren unregelmässigen Räu in Verbindung ist.

2. Um durch den Versuch zu ermitteln, ob die Tuba (oder geschlossen ist, verwenden wir einen hölzernen Kasteı welchem eine Person eben bequem aufrecht stehen kann. selbe ist an der Aussen- und Innenseite wohl mit Papier ü klebt und an einer Verticalseite mit einem Deckel, dessen Rä mit Leder besetzt sind, nach Art der Windlade einer Orgel v verschliessbar. Letzterer Deckel kann noch durch Holzschraı fest an den Kasten angedrückt werden, so dass nahezu ein dichter Verschluss eintritt. Die eine Wand enthält in der E des Gesichtes der eingeschlossenen Person ein Fenster und ner an der Aussenseite ein mit gefärbtem Wasser gefülltes He manometer, welches durch das Fenster abgelesen werden k. Zwei Schläuche führen aus dem Innern des Kastens zu ei saugenden und zu einem drückenden Blasebalg. Die Öffnuı dieser Schläuche können von der eingeschlossenen Person d mit Leder überzogene Holzklappen abwechselnd gedeckt wer Wird keine der Öffnungen gedeckt, so circulirt die Luft Kastens einfach, indem sie von dem saugenden Balg aufgeı men und durch den drückenden Balg, der sie aus dem genden schöpft, wieder in den Kasten eingeführt wird. D man die Öffnung des saugenden Balges, so tritt eine Drucke hung, deckt man jene des drückenden Balges, so tritt eine Dr verminderung im Kasten ein.

Die eingeschlossene Person kann also durch das Spiel der Klappen abwechselnd plötzlich einen Luftdruck im Kasten hervorrufen, welcher merklich grösser oder merklich kleiner ist als der äussere Luftdruck. Bei unserm Apparate erhalten wir eine Druckerhöhung von 14 Cm. Wasser und eine Druckverminderung von 20 Cm. Wasser.

Bei diesen Druckschwankungen fühlt man nun deutlich, wie das Trommelfell abwechselnd ein- und ausgetrieben wird, was ein Beweis ist, dass die Tuba gewöhnlich geschlossen ist. Für die grössten im Kasten herstellbaren Druckdifferenzen ist bei Mach die Tuba schwach durchgängig, denn die Trommelfelle kehren auch bei fortbestehender Druckdifferenz langsam in ihre natürliche Lage zurück.

Bei Gelegenheit dieser Versuche beobachtet man zugleich die gewöhnlich mit erhöhter Spannung des Trommelfells verbundenen Erscheinungen. Die tieferen Töne, welche mittelst Orgelpfeifen ausser dem Kasten angegeben oder durch Aufsetzen der Unterbrechungsgabel auf den Kasten erzeugt werden, treten bei vermehrter Spannung gegen die höheren zurück. Kessel hört im Kasten bei tiefen (vierfüssigen offenen) Orgelpfeifen sogar ein Verlöschen des Grundtones und ein Vortreten der Obertöne. Auch hört Kessel bei negativem Druck besser wie bei positivem.

Schlingbewegungen (durch Flüssigkeiten unterstützt) bringen, wie zu erwarten, das Spannungsgefühl im Trommelfell sofort zum Verschwinden, indem während derselben die Druckdifferenz momentan ausgeglichen wird.

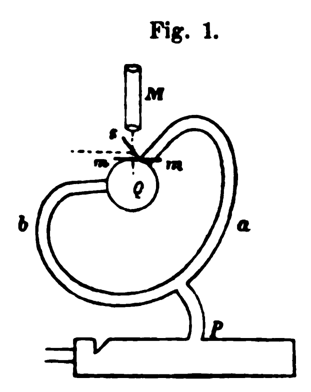
3. Der Nutzeffect des Tubenverschlusses für die Vergrösserung der Trommelfellschwingungen wird ferner durch folgende Experimente am Präparate und am Schema erläutert.

Man öffnet die Trommelhöhle durch Hinwegnahme ihrer Decke. Den Schall leitet man durch ein Gabelrohr von gleich langen und gleich weiten Zweigen *a*, *b* (Fig. 1) aus dem Knoten einer Pfeife *P* sowohl in den Gehörgang als in die Trommelhöhle des Präparates *Q*.

Letzteres geschieht, indem man das betreffende schief abgeschnittene Rohr *b* in einer Messingplatte *mm* endigen lässt, deren Rand mit einem Kautschukring versehen ist, so dass die Trom-

melhöhle vollständig durch das Rohr verschlossen wird, wen man die Platte aufdrückt (wobei man noch mit Wachs nachh fen kann). Die Messingplatte ist n einer durch Glas gedeckten Bohru versehen, durch die man einen Ei blick in die Trommelhöhle erhä Zum Zwecke der Beleuchtung i ober dieser Bohrung noch 45° g gen die Platte ein Deckgläsch aufgekittet, welches Sonnenlicht a die mit Goldbronze bestäubten G hörknöchelchen wirft. Durch d Gläser hindurch beobachtet man m dem Mikroskop *M*.

Fig. 1.



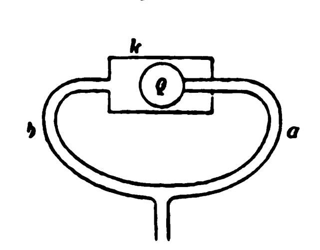
Die Knöchelchen sind nun ruhig, sobald auf beiden Weg Schall zufliesst; sie schwingen heftig, wie man an den in Lini ausgezogenen Goldpunkten sieht, wenn e i n e r der Schallwege al gesperrt wird. Ebenso schwingen sie, wenn man das Trommelhöl lenrohr mit seinem Deckel ganz abhebt, weil jetzt die von d Pfeife durch die freie Luft in die Trommelhöhle gelangend Schallbewegung verschwindend ist gegen diejenige, welche da Trommelfell durch das Gehörgangsrohr erhält. Die Excursione gehen bei diesen Versuchen bis auf 6 Theilstriche des Ocularmi krometers, so dass Täuschungen nicht möglich sind.

Sind die beiden Zuleitungsröhren ungleich weit, so könne bei den Versuchen Täuschungen unterlaufen. Würde das ein Rohr für sich allein die Excursion *A*, das andere für sich allei die Excursion *B* hervorrufen, so geben beide Röhren zusamme die Excursion *A*—*B*, die sowohl grösser als auch kleiner sei kann wie *A* oder *B*. Dann muss es also nicht mehr zutreffe dass bei Schluss des einen Rohres sich die Excursion ve grössert.

Dies findet z. B. statt, wenn man das ganze Felsenbein m geöffneter Trommelhöhle in ein mit Glas luftdicht verschlossene Kästchen *K* (Fig. 2) bringt, durch dessen Wand luftdicht ei Schallrohr *a* in den Gehörgang des Präparates führt. Ein and res gleich langes Schallrohr *b* führt ebenso aus dem Knoten de selben Pfeife in das Kästchen. Hier sind nun die Schwingunge

die durch das letzte Rohr übertragen werden, verschwindend gegen die durch das erste übertragenen. In der That ändern sich die Excursionen des Knöchelchens hier nicht, wenn man das Rohr *b* schliesst oder das Kästchen ganz öffnet. Das Kästchen von etwa 250 Ctm. Rauminhalt zeigte hier in seiner Wirkung keinen Unterschied gegen den Raum eines Zimmers.

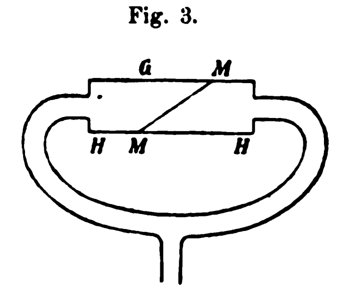
Fig. 2.



4. Dieselben Versuche lassen sich am Schema mit sehr gutem Erfolg wiederholen.

Wir nehmen ein vierseitiges, etwa 1 Cm. weites prismatisches Holzrohr *HH* (Fig. 3). Dasselbe wird schief durchschnitten mit einer Membran *MM*, die man mit Goldbronze bestäubt hat, durchsetzt und wieder schalldicht geschlossen. Eine Seite *G* des Holzrohrs, von welcher aus die Membrane beobachtet werden kann, ist durch Glas gedeckt. Die beiden Enden des Holzrohres schliessen an die gleich langen Zweige des Gabelrohrs der Pfeife an. Die Membran schwingt nicht, wenn beide Röhren den Schall zuführen. Sie schwingt heftig, wenn die eine Röhre zugedrückt oder ganz abgenommen wird.

Fig. 3.



Die einseitige Zuleitung des Schalles scheint überall nöthig zu sein, wo Schallschwingungen eines unbegrenzten Mediums einen stärkeren Effect hervorbringen sollen. Eine hierauf bezügliche Function dürfte auch die Schwimmblase der Fische haben, welche wahrscheinlich die Trommelhöhle vertritt.

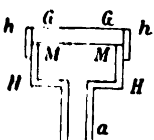
5. Die Trommelhöhle ist mit verschieden grossen untereinander communicirenden schwammigen Hohlräumen verbunden, die sich besonders zahlreich im Warzenfortsatz, weniger zahlreich in der Schuppe und im Felsenbein vorfinden. Die Communication der Zellen des Warzenfortsatzes mit der Luft der Trommelhöhle lässt sich leicht durch einen von Kessel erdachten Versuch nachweisen. Man bohrt an einem Schläfenbein mit unverletzter

Trommelhöhle den Warzenfortsatz von aussen an und setzt ein T-Rohr ein, das an einem Ende in eine Spitze ausgezogen ist. Durch den noch übrigen Arm wird Leuchtgas zugeleitet und an der Spitze angezündet. Bläst man nun bei perforirtem Trommelfell und zugedrückter Tuba mit Hilfe eines Kautschukrohrs leicht in den Gehörgang, so verlöscht die Flamme. Selbstverständlich pflanzen sich auch Vibrationen auf diesem Wege fort, was aber natürlich für die Communication der erwähnten Räume nicht so überzeugend spricht wie das Verlöschen der Flamme.

Wenn das Trommelfell zu nahe am geschlossenen Ende einer einerseits offenen Röhre läge, würde es sich verhalten wie eine Membran am gedeckten Ende einer Pfeife, es könnte keine merklichen Excursionen annehmen. Letztere kann es nur erhalten, wenn es wie eine Membran am offenen Ende einer Pfeife liegt. Es ist also vortheilhaft, wenn noch ein beträchlicher Raum (die Trommelhöhle mit den damit zusammenhängenden Höhlen) hinter dem Trommelfell liegt.

Dass eine zu seichte Trommelhöhle, namentlich bei tiefen Tönen, nachtheilig wirken muss, davon kann man sich durch folgendes Experiment überzeugen. Wir schliessen an das Schallrohr der Pfeife *a* (Fig. 4) ein vierseitiges, 2 Cm. weites Holzrohr *HH* an, welches am freien Ende mit einer Membran *MM* überspannt ist. Um den Rand der Membran erhebt sich ringsherum noch eine 2 Mm. hohe Holzleiste *hh*, auf welche mit einem Kautschukring eine Glasplatte *G* angedrückt werden kann.

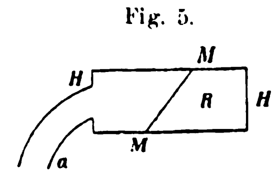
Fig. 4.



Die Schwingungen der Membran verschwinden sofort, so wie die Glasplatte aufgedrückt, also eine Trommelhöhle von nur 2 Mm. Tiefe gebildet wird.

Hingegen kann die Trommelhöhle ohne Schaden, wenn sie etwas grösser ist, sich aus schwammigen Hohlräumen zusammensetzen. Schliessen wir an das Schallrohr *a* wieder das schief durchschnittene und mit der Membran *M* verse Holzrohr *HH* (Fig. 5) an. Wird Ende des Holzrohrs mit ein deckel geschlossen, nachde

Fig. 5.



Raum *R* fast ganz mit Badeschwamm ausgefüllt hat, so schwingt die Membran *M* recht gut.

6. Die Mehrzahl der Ärzte nimmt an, dass die Tuba gewöhnlich geschlossen ist und nur während des Schlingactes geöffnet wird, eine Anschauung, die auch Politzer vertritt. Schwartze und Lucae nehmen beide an, dass nicht blos beim Schwingacte, sondern auch bei der Respiration die Tuba geöffnet und eine Communication mit der Trommelhöhlenluft hergestellt werde und stützen sich auf die von ihnen zuerst beobachtete Thatsache, dass atrophische Trommelfellpartien sichtliche mit der Respiration einhergehende Bewegungen ausführen. Während Schwartze für das Sichtbarsein der Bewegungen nur atrophische Trommelfellpartien für geeignet hält und die Druckvariationen, welche durch die Respiration hervorgerufen werden, als ungenügend erachtet, um ein normales Trommelfell zu bewegen, will Lucae, gestützt auf eine manometrische Versuchsreihe, die Respirationsbewegungen als eine normale Erscheinung angesehen haben.

Ein Versuch von Rüdinger, das ständige Offensein der Tuba aus einer häufig vorhandenen capillaren Spalte im obersten Theil derselben zu erweisen, musste, abgesehen von sofort zu erwähnenden Gründen, schon deshalb Bedenken erregen, weil die Dimensionen dieser Spalte bei den einzelnen Individuen variiren.

7. Aus den von uns angestellten Versuchen geht mit Evidenz hervor, dass der Verschluss der Tuba für den günstigen Ablauf des Schwingungsvorganges im Mittelohr nicht blos als nothwendiges Postulat, sondern auch als in der That bestehend betrachtet werden muss. Die Beobachtungen von Schwartze und Lucae über die Respirationsbewegungen an stellenweise atrophischen Trommelfellen kann Kessel aus eigener Erfahrung nur bestätigen. Doch dürften dieselben keineswegs in Widerspruch stehen mit den von uns erzielten Resultaten. Aus den Untersuchungen von Rüdinger über den Bau der Tuba geht hervor, dass im obern Theil derselben eine capillare Spalte besteht. Selbstverständlich kann dieselbe im Leben nicht lufthältig sein. Sie muss sich vielmehr vermöge der Capillarität mit dem aus der Trommelhöhle und Tuba stammenden Secrete füllen. Bei



der In- und Exspiration wird aber die Luft
den Halstheile der Tuba verdünnt und verd
Flüssigkeitssäule in der capillaren Spalte et
schoben, somit auch eine geringe Luftdruc
Trommelhöhle bewirkt, die aber nach den
verbesserten (anderwärts zu beschreibende
thode nicht ausreicht, ein normales Tromme
wegung zu setzen. Die geringen Verschiebu
ren Flüssigkeitssäule dürften zur Erklärung
wegungen atrophischer Trommelfelltheile g
wenn man auf die individuellen Schwankung
der capillaren Spalte Rücksicht nimmt. An
cation der Luft der Trommelhöhle und de
wöhnlichen Umständen ist jedoch aus den
und nach den angeführten Beobachtungen ni

Versuche über die Accommodation des Ohres.

Von E. Mach und J. Kessel.

(Mit 5 Holzschnitten.)

Unsere Versuche beschäftigen sich mit der Frage, ob durch Spannung der Binnenohrmuschel eine Abstimmung des Gehörapparates für verschiedene Tonhöhen eintritt. Sie zerfallen in zwei Gruppen: Versuche am Präparat und Versuche am lebenden unverletzten menschlichen Ohr.

I. Versuche am Präparat.

Die Präparation wurde derart vorgenommen, dass die Binnenohrmuskel von möglichst vielen Seiten dem Auge zugänglich wurden. Zu diesem Zwecke nimmt man die Decke der Trommelhöhle hinweg, präparirt den *Tensor tympani* aus seiner Rinne heraus. Dann wird er mit einem Faden umschlungen, wieder in die Rinne, die zur Führung dient, zurückgebracht, der Faden über eine Rolle geführt und durch einen Haken zum Belasten eingerichtet. Um den Steigbügelmuskel zu erreichen und Einsicht von vorn und unten in die Trommelhöhle zu gewinnen, bricht man den carotischen Canal auf, nimmt von seiner hintern obern Wand und der *Fossa jugularis* diejenige Knochenpartie weg, welche zwischen dem untern Trommelfellrand und dem Promontorium liegt. Darauf sägt man den *Processus mastoideus* ab und sucht vom Fallopischen Kanal aus den Kanal des Steigbügelmuskels auf. Nun wird ein dünner Seidenfaden in eine feine und kurze Nähnadel eingeführt und durch den Kanal hindurch um das Steigbügelköpfchen herum zum Kanal zurückgeführt. Der freie Theil der Sehne des Muskels gibt dem Faden Stütze und Richtung. Der Faden wird nun über eine Rolle geführt und zum Belasten eingerichtet. Entfernt man noch von der hintern Wand mit Schonung des Muskelkanals, der zur Führung nothwendig

ist, ein kleines Stück, so wird auch das runde
Membran bei geeigneter Stellung des Präparat
zugänglich.

Die Schwingungen wurden an dem mit G
ten Hammerkopf mit Hilfe eines Hartnack's
(Objectivsystem Nr. II) beobachtet und die Lä
welche die Goldpunkte beim Schwingen au
konnten am eingesetzten Ocularmikrometer a
Die Vergrösserungszahl des Instrumentes (mit
starke Ocular) war 40. Bei dieser Vergrösserur
des Objectes 50 Theilstriche des Ocularmicrom

Aus dem Knoten einer offenen Orgelpfe
fachen Schwingungen führte ein Kautschukrol
gang des Präparates.

Die Schwingungsweite eines Punktes am
trug nun bei mässigem Anblasen der Pfeife, d
durch die Belastung des Blasebalgs regulire
durch die ganze Versuchsreihe unverändert b
5 Theilstriche des Ocularmikrometers. Durch e
3 Grammes am Tensor wurde diese Schw
3 Theilstriche herabgesetzt. In einem Fall zeig
Herabsetzung auf $2^1/_2$ Theilstriche und letz
selbstverständlich der massgebendste, weil in
fälligen Widerstände offenbar am meisten ausg

Bei dem folgenden Versuch bleiben alle U
Es wird jedoch der Ton einer Pfeife von 1024
gungen in den Gehörgang geleitet. Die Excursi
kopf betragen $1^1/_2$ Oculartheilstriche. Belastun
3 Grammes bringt eine kaum merkliche Vermin
sion hervor. Nun wurde die Vergrösserung de
weit gesteigert, dass die Excursionen wieder 5
betrugen. Man sieht nun deutlich, dass 3 Gram
Tensor die Excursion noch nicht auf 4 Theilstri

Dieselbe Spannung des Tensors setzt als
höherer Töne merklich weniger herab als jene
Zug am Stapedius, welcher ebenfalls die Excur
ist ein solcher Unterschied nicht zu bemerken.

Bei einer weitern Versuchsreihe vereinigten sich zwei Röhren, von welchen die eine aus dem Knoten der Pfeife von 256 einfachen Schwingungen, die andere aus dem Knoten einer Pfeife von 1024 einfachen Schwingungen kam, in eine Röhre, welche in den Gehörgang des Präparates führte. Die Helmholtz'sche Unterbrechungsgabel von nahe 256 Schwingungen setzte ein Lissajous'sches Vibrationsmikroskop in Bewegung, welches zur Beobachtung der schwingenden Goldpunkte am Hammerkopf diente. Natürlich war dafür gesorgt, dass die Hammerkopfschwingungen und die Schwingungen des Vibrationsmikroskopes zu einander senkrecht ausfielen.

Die tiefe Pfeife für sich allein gibt nun eine Reihe von Schwingungsfiguren, von welchen wir eine in Fig. 1 darstellen. Es lässt sich aus derselben leicht die Schwingungsform der Pfeife ableiten und es mag nebenbei bemerkt sein, dass dieselbe mit der durch mehrere vollständig andere Versuche ermittelten Schwingungsform derselben Pfeife stimmt. Diese Curve verwandelt sich nun (bei verticalen Schwingungen des Vibrationsmikroskops) durch Zug am Tensor in die Fig. 2. Die hohe Pfeife hingegen gibt die Fig. 3, welche sich durch Zug am Tensor nicht merklich ändert.

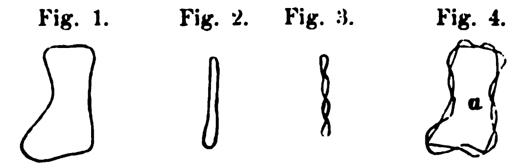


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3. Fig. 4.

Wurden nun beide Pfeifen zugleich erregt, so erschienen die beiden Figuren 1 und 3 so zu sagen combinirt, wobei aber, weil hiebei eine kleine Verstimmung der beiden Pfeifen gegen einander einrat, die kleinen Wellen nicht mehr genau in dem Umfang der grossen Schwingungsfigur aufgingen, und ausserdem sah man wegen der gleichzeitigen Verstimmung der kleinen Pfeife gegen die Stimmgabel die kleinen Wellen am Umfang der grössern Figur hinlaufen. Die ganze Schwingungsform hatte nun etwa das Ansehen Fig. 4.

Ein Zug am Tensor bewirkt nun, dass der Raum *a* der Fig. 4 sich zusammenzieht, ohne dass jedoch eine Abflachung

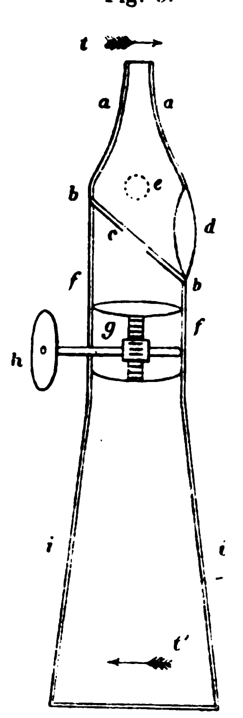
der secundären Zacken zu merken wäre. Es verschwindet so z sagen aus der Combination 4 zum grossen Theil die Fig. I, wäh rend 3 übrig bleibt.

Combinirt man Pfeifen von 256 und 512 einfachen Schwin gungen, so ist die Verschiedenheit in der Wirkung des Tensor zuges auf die Excursionen des höhern und tiefern Tones nocl nicht merklich.

Auffallend ist, dass das Präparat, wenn es schon die grössern Excursionen eines tiefern Tones ausführt, den Anregungen des höhern Tones leichter, stärker und merklicher folgt, als wenn dieser höhere Ton allein angegeben wird. Diese Erfahrung, welche sich vielleicht durch die Gesetze des Widerstandes, vielleicht zum Theil auch durch die erhöhte Spannung beim Schwingen aufklären lässt, kann man auch bei Schreibeversuchen mit dem Phonantographen wiederholt bestätigt finden.

Bei Zug am Stapedius konnte wieder ein Unterschied in der Wirkung auf hohe und tiefe Töne nicht bemerkt werden. Hiernach hat der Tensor die Fähigkeit, in sehr beschränkter Weise eine Accommodation des Ohres herbeizuführen, so zwar, dass von mehreren weit von einander abliegenden Tönen durch Spannung des Tensor zwar alle geschwächt werden, die höhern aber merklich weniger. Letztere können also scheinbar hervortreten.

Fig. 5.



II. Versuche am lebenden Ohr.

Um das lebende Ohr bequem und genau beobachten zu können, haben wir einen eigenthümlichen Ohrenspiegel Fig. 5 construirt. Derselbe besteht aus dem gewöhnlichen Trichter, einem um 45° gegen die Trichteraxe geneigten Planspiegel *bb*, dessen Belegung bei *c* entfernt ist, und einer Linse *d*. Trichter, Planspiegel und Linse bilden mit dem Gehörgang der zu untersuchenden Person einen abgeschlos-

senen Raum, in welchen nur von unten ein Rohr zur Schalleinleitung einmündet, dessen Öffnung durch *e* angedeutet ist. An diesen Apparat schliesst sich ein Rohr *ff* an, in welchem sich eine aplanatische Lupe *g*[1] befindet, die durch einen Trieb *h* verschoben werden kann. An *ff* stösst noch ein leicht trichterförmig erweitertes Rohr *ii*. Selbstverständlich ist der Apparat an allen inneren nicht optisch wirkenden Theilen geschwärzt.

Das Sonnenlicht des Heliostaten fällt auf die Linse *d*, wird von dem Planspiegel *b* reflectirt und auf dem Trommelfell gesammelt. Von diesem intensiv beleuchteten Trommelfell *t*, welches mit Goldbronce leicht bestäubt ist, wird durch die Linse *g*, da es sich beiläufig in der doppelten Brennweite befindet, ein reelles verkehrtes gleich grosses Bild bei *t'* erzeugt. Letzterem kann man mit einem Mikroskop beliebig nahe kommen. Dasselbe lässt sich daher bequemer und bei stärkeren Vergrösserungen untersuchen, als das Original.

Lässt man durch die Linse *d* von der Unterbrechungsgabel unterbrochenes Licht einfallen, während man eine nahe gleichgestimmte Pfeife durch *e* einwirken lässt, so beobachtet man an *t'* mit dem Mikroskop leicht die stroboskopische Bewegung des Trommelfells. Wir wollen jedoch hier zunächst andere Versuche beschreiben.

Durch ein vor das Bild *t'* gesetztes Hartnack'sches Mikroskop mit Ocularmikrometer von 40facher Gesammtvergrösserung wurden die Excursionen der Goldpunkte an verschiedenen Trommelfelltheilen abgelesen. Der Kopf der untersuchten Person befand sich in der dem aufrechten Stehen oder Sitzen entsprechenden natürlichen Lage.

Die Punkte der hintern Trommelfellfalte gaben beim Anblasen der Pfeife von 256 einfachen Schwingungen eine Excursion von 15 Oculartheilstrichen und führten scheinbar fast verticale Schwingungen aus. Ein Goldpunkt hart ober dem Lichtkegel, welcher also die Bewegungen des Hammergriffendes repräsentirte, zeigte 4 Theilstriche Excursion fast vertical. Der *Processus brevis* hingegen gab kaum 2 Theilstriche in fast horizontaler

[1] Letztere wurde im August 1871 von den Herren Merz für uns angefertigt.

Richtung. Diese Excursionen, welche nahe dieselben waren, wie am Präparat unter gleichen Umständen, erlitten nun nicht die geringste merkliche Veränderung, wenn ausser dem in das Ohr geleiteten Pfeifentone noch andere Töne, z. B. viel höhere Pfeifen oder die König'schen Klangstäbe angegeben wurden.

Die grösste Sorgfalt wurde natürlich auf die Beobachtung des Hammergriffes, als eines die Bewegung weiter übertragenden Theiles verwendet, weil ja hier eine allfällige Umstimmung, die für den Hörprocess von Bedeutung gewesen wäre, sich jedenfalls hätte äussern müssen. Man wird bemerken, dass die beobachteten Excursionen doch so gross waren, dass eine Veränderung derselben, die ja, wenn sie überhaupt wirksam sein sollte, nach den Versuchen sub 1 bedeutend sein musste, nicht gut der Beobachtung entgehen konnte.

Wenn man bei diesen Versuchen, während etwa die Goldpunkte des Trommelfells vertical schwingen, das Mikroskoprohr horizontal anstösst, so erhält man schöne glänzende Curvenreihen, an welchen sich, wenn sie gut gelingen, auch die Schwingungsform absehen lässt.

Setzen wir nun vor das Bild t' statt des gewöhnlichen Mikroskopes ein passend gestimmtes Vibrationsmikroskop. Wir beobachten den fast vertical schwingenden Punkt am Hammergriffende durch das horizontal schwingende Mikroskop. Die Schwingungsfiguren, welche man durch die tiefe Pfeife hervorbringt, sind genau dieselben, welche man unter gleichen Umständen am Präparat erhält. Sie erfahren wieder keine merkliche Änderung beim Horchen auf höhere Töne.

Auch die combinirte Fig. 4 haben wir am lebenden Ohr hervorgebracht, ohne jedoch eine Veränderung derselben beim Horchen wahrzunehmen.

Hiernach treten also die Erscheinungen, welche man künstlich durch Spannung der Binnenohrmuschel am Präparat hervorrufen kann, am lebenden Ohr beim Hören und Horchen nicht ein. Natürlich wird hiemit nicht behauptet, dass eine Accommodation anderer Art an andern Theilen des Gehörapparates nicht stattfinde.

Sollen die Versuche am lebenden Ohr gut gelingen, so ist hiezu eine vorzügliche Fixirung des beobachteten Kopfes und

der Apparate nothwendig. Wir bedienen uns eines dreibeinigen massiven Tisches von Holz. Auf demselben steht ein schwerer eiserner Träger, welcher den Ohrenspiegel und eine Gabel für das Kinn der beobachteten Person fixirt. Vor dem Ohrenspiegel auf einem Stativ mit mehrenen Trieben befindet sich das Mikroskop. Die beobachtete Person sitzt nun vor dem Tisch auf einem Drehstuhl und schiebt ihr Ohr über den Trichter des festgestellten Spiegels. Nachdem die passende Stellung erreicht ist, wird das Kinn durch die Gabel fixirt.

Wir bemerken zum Schluss, dass unsere Resultate mit den Ergebnissen der älteren Versuche in sehr gutem Einklang stehen. Die Beobachter stimmen darin überein, dass künstliche oder natürliche Spannung des Tensor ein Vortreten der höhern Töne bewirke. Dies zeigen z. B. die Versuche von Politzer. Wenn Schapringer findet, dass alle Töne durch willkürliche Spannung des Tensor in der Intensität herabgesetzt werden, so stimmt dies ebenfalls mit unsern Versuchen, denn das Vortreten der Obertöne ist nach denselben blos relativ, weil sie weniger geschwächt werden wie die tiefern.

Alle älteren Versuche, welche darauf abzielen, eine etwa vorhandene Veränderlichkeit der Spannung am lebenden Ohr nachzuweisen (wie die von Mach, Schapringer u. s. w.) haben ein negatives Resultat geliefert.

Verein, naturhistorischer, der preuss. Rheinlande und Westphalens: Verhandlungen. XXVIII. Jahrgang. (Dritte Folge: 8. Jahrgang) I. & II. Hälfte. 1871; XXIX. Jahrgang. (Dritte Folge: 9. Jahrg.) I. Hälfte. 1872. Bonn; 8°.

— für Erdkunde zu Dresden: VIII. und IX. Jahresbericht. Dresden, 1872; 8°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXII. Jahrgang, Nr. 42. Wien, 1872; 4°.

Gesellschaft, Physikal.-medicin., in Würzburg: Verhandlungen. N. F. III. Band, 1. & 2. Heft. Würzburg, 1872; 8⁰.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXIII. Jahrgang, Nr. 42. Wien, 1872; 4⁰.

Göttingen, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften aus d. J. 1869—1871. 4⁰ & 8⁰.

Henwood, William Jory, Observations on Metalliferous Deposits, and on Subterranean Temperature etc. Parts I & II. Penzance, 1871; 8⁰.

Isis: Sitzungsberichte. Jahrgang 1872, Nr. 1—3. Dresden; 8⁰.

Museum, The Geological, of Calcutta: Memoirs. *(Palaeontologia Indica.)* Ser. VI & VII. Calcutta, 1871; 4⁰. — Records. Vol. VI, Parts 3 & 4. (1871.) Calcutta; kl. 4⁰.

Nature. Nr. 155, Vol. VI. London, 1872; 4⁰.

Reichsanstalt, k. k. geologische: Verhandlungen. Jahrgang 1872, Nr. 13. Wien; 4⁰.

„Revue politique et littéraire“ et „La Revue scientifique de la France et de l'étranger“. IIme Année. 2e série. Nr. 16. Paris & Bruxelles, 1872; 4⁰.

Societas, Regia, scientiarum Upsalensis: Nova acta. Seriei IIItiae, Vol, VIII, Fasc. I. 1871. Upsaliae; in 4⁰. — Bulletin météorologique mensuel de l'Observatoire de l'Université d'Upsal. Vol. I, Nrs. 1—12; Vol. II, Nrs. 7—12; Vol. III, Nrs. 1—12. Upsal, 1871; 4⁰.

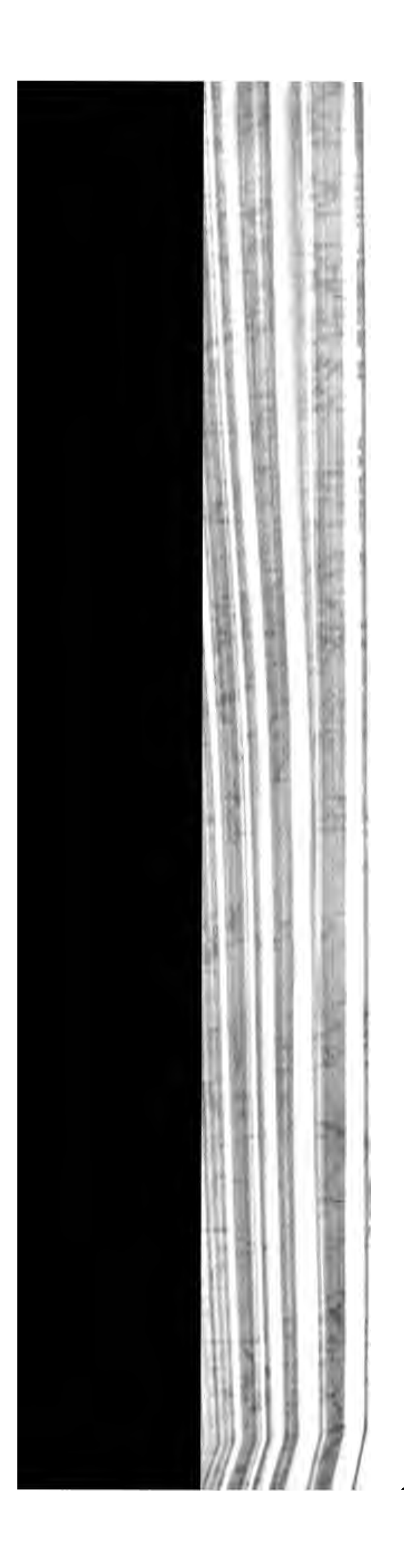
Société Impériale des naturalistes de Moscou: Bulletin. Année 1872. Tome XLV, 1re Partie. Moscou, 1872; 8⁰.

— Linnéenne du Nord de la France: Mémoires: Années 1868 & 1869. Amiens, 1870; 8⁰. — Bulletin mensuel. Nrs. 1—4 Juillet—Octobre 1872. Amiens; 8⁰.

Society, The American Philosophical: Transactions. Vol. XIV. N. S. Part III. Philadelphia, 1871; 4⁰. — Proceedings, Vol. XII. 2. Nr. 87. Philadelphia, 1871; 8⁰.

— The Royal, of Edinburgh: Transactions. Vol. XXVI, Parts II—III. For the Session 1870—71. 4⁰. — Proceedings. Session 1870—71. Vol. VII, Nrs. 82—83; 8⁰.

Upsala, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften aus d. J. 1871/2. 4⁰ & 8⁰.



Verein, naturhistorischer, der preuss. Rh
phalens: Verhandlungen. XXVIII. Jahr
8. Jahrgang) I. & II. Hälfte. 1871; XX
Folge: 9. Jahrg.) I. Hälfte. 1872. Bonn
— für Erdkunde zu Dresden: VIII. und
Dresden, 1872; 8°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXII. Jahr
1872; 4°.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

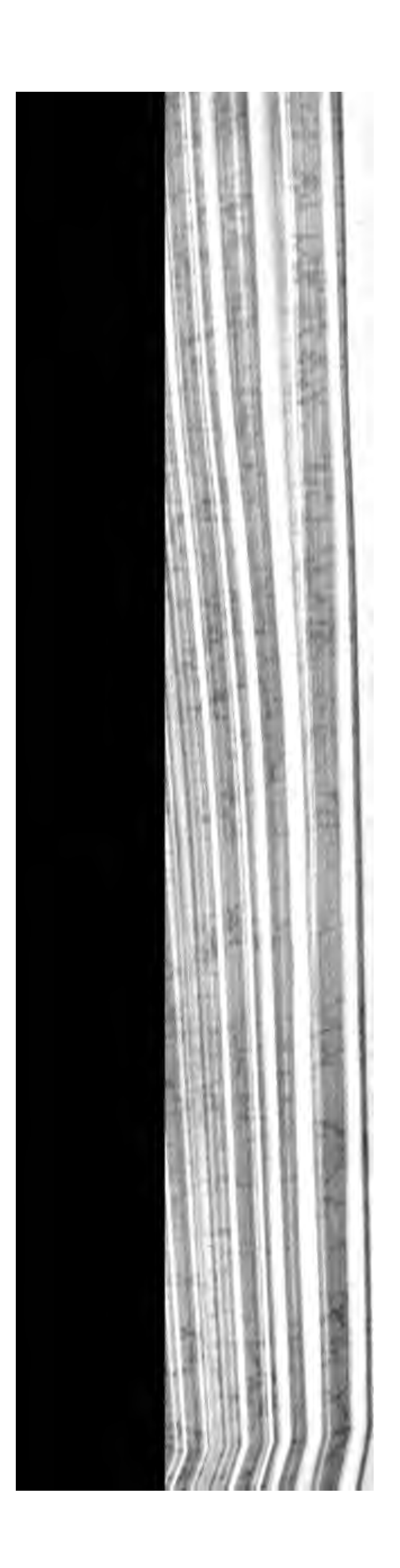
MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

LXVI. Band.

DRITTE ABTHEILUNG.

9.

Enthält die Abhandlungen aus dem Gebiete der Physiologie, Anatomie und theoretischen Medicin.



XXIV. SITZUNG VOM 7. NOVEMBER 1872.

Herr Prof. Dr. Eduard Linnemann in Brünn dankt, mit Schreiben vom 1. November, für seine Wahl zum correspondirenden Mitgliede der Akademie.

Herr Prof. Dr. Th. Ritter v. Oppolzer legt eine Abhandlung vor, betitelt: „Nachweis für die im Berliner Jahrbuche für 1875 enthaltenen Ephemeriden der Planeten (58) Concordia, (59) Elpis, (62) Erato, (64) Angelina und (113) Amalthea".

An Druckschriften wurden vorgelegt:

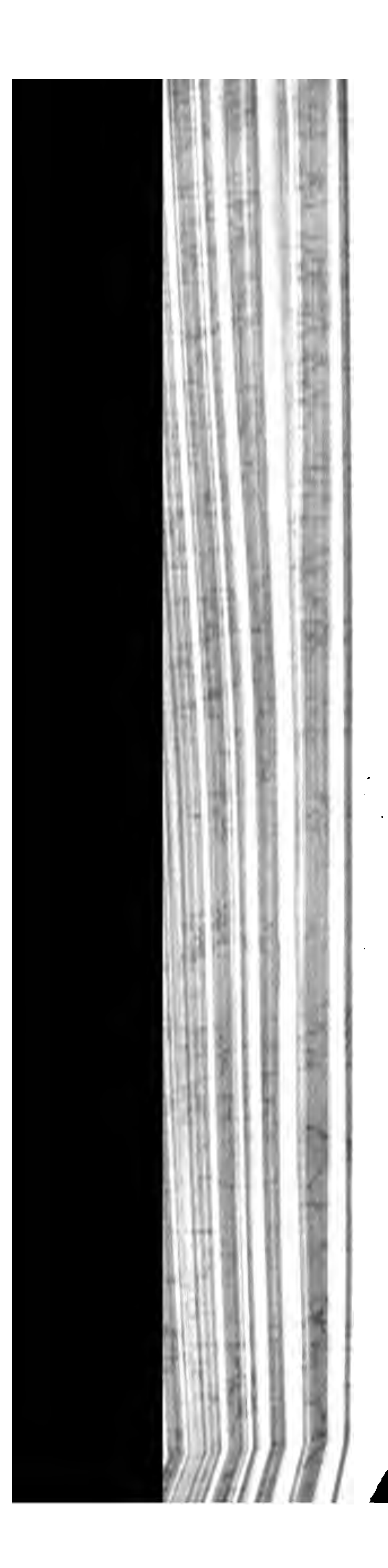
Académie Impériale des Sciences de St. Pétersbourg: Mémoires. VIIe Série. Tome XVI, Nrs. 9—14 (1871); Tome XVII, Nrs. 1—12 (1872); Tome XVIII, Nrs. 1—7 (1872). St. Pétersbourg; 4^0. — Bulletin. Tome XVI, Nrs. 2—6 (1871); Tome XVII, Nrs. 1—3 (1871—72). St. Pétersbourg; 4^0.

Accademia, Reale, dei Lincei: Atti. Tomo XXV., Anno XXV., Sessione 1^a—3^a. Roma, 1871—72; 4^0.

Akademie der Wissenschaften, Königl. Schwedische: Handlingar. Ny Följd. VII. Bd. 2. Hft. (1868); VIII. Bd. (1869); IX. Bd. (1870). Stockholm, 1869—1871; 4^0. — Öfversigt. XXVI. & XXVII. Årgången. Stockholm, 1870 & 1871; 8^0. — Lefnadsteckningar. Bd. I, Hft. 2. Stockholm, 1870; 8^0. — Meteorologiska Jakttagelser i Sverige. IX—XI. Bd. 1867—1869. Stockholm, 1869—1871; Quer-4^0. — Carlson, F. F., Minnesteckning öfver Erik Gustaf Geijer. Stockholm, 1870; 8^0.

Academy, The Wisconsin, of Sciences, Arts, and Letters: Bulletin. Nrs. 2—5. Madison. 1871; 8^0. — Act of Incorporation. 8^0.

Apotheker-Verein, Allgem, österr.: Zeitschrift. 10. Jahrg., Nr. 31. Wien, 1872; 8^0.



Astronomische Nachrichten. Nr. 1908—
13.) Altona, 1872; 4°.

Bericht über den Handel, die Industrie u
hältnisse in Nieder-Österreich währen
Erstattet von der Handels- und Gewer
Wien, 1872; 8°.

Gesellschaft, physikalische, zu Berlin:
Physik im Jahre 1868. XXIV. Jahrgang
Berlin, 1872; 8°. — Namen- und Sa
Fortschritten der Physik. Band I bis X

— naturforschende, in Bern: Mittheilung
1870 und 1871. Nr. 711—791. Bern, 18

— der Wissenschaften, k. dänische: Skrift
vidensk. og mathem. Afd. IX. Bd. 5. Kj
— Oversigt i Aaret 1871, Nr. 2. Kjøber

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift.
Nr. 43—44. Wien, 1872; 4°.

Hayden, F. V., Preliminary Report of the
logical Survey of Montana and Portion
tories etc. Washington, 1872; 8°. —
Park. 8°.

Institut Egyptien: Mémoires ou travaux
Paris, 1862; 4°. — Bulletin. Années 18
11. Alexandrie, 1859—1872; 8°.

Jahrbuch, Neues, für Pharmacie und verwa
Vorwerk. Band XXXVIII, Heft 2. Spe

Journal für praktische Chemie, von H. Kol
3. Heft. Leipzig, 1872; 8°.

Landbote, Der steirische. 5. Jahrg, Nr.

Landwirthschafts-Gesellschaft, k.
handlungen und Mittheilungen. Jahrgang
Wien; 8°.

Lüttich, Universität: Akademische Geleg
d. J. 1868—1869. 8° & 4°.

Nature. Nrs. 156—157, Vol. VI. London, 1

Report, Annual, of the Board of Supervis
State University, for the Year ending 1
Session of 1871. New Orleans, 1871; 8°

„Revue politique et littéraire" et „La Revue scientifique de la France et de l'étranger. II[e] Année, 2[e] Série, Nrs. 17—18. Paris & Bruxelles, 1872; 4°.

Riccardi, P., Biblioteca matematica Italiana. Fasc. 4°. Modena. 1872; 4°.

Society, The Wisconsin State Agricultural: Transactions. Vol. VIII & IX. (1869 & 1870.) Madison, 1870—71; 8°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXII. Jahrgang, Nr. 43—44. Wien, 1872; 4°.

Young, Edward, Special Report on Immigration; accompanying Information for Immigrants etc. Washington, 1872; 8°.

XXV. SITZUNG VOM 14. NOVEMBER 1872.



Herr Prof. Dr. J. Boehm überreicht eine Abhandlun„Über die Bildung von Sauerstoff durch grüne, in kohlensäur hältiges Wasser getauchte Landpflanzen."

Derselbe macht ferner folgende für den Anzeiger bestimm vorläufige Mittheilungen:

1. Grüne Landpflanzen bilden bisweilen in kohlensäurehält ger Atmosphäre dem Volumen nach mehr Sauerstoff, a von der in Verwendung gekommenen Kohlensäure zerle wurde.
2. Die Spiralgefässe führen den Holzzellen den zu ihrer no malen Function unentbehrlichen Sauerstoff zu. Die in ihn enthaltene Luft ist stets sauerstoffärmer als die der Atm sphäre.
3. Die Spiralgefässe im absterbenden Holze erfüllen si nicht nur mit Thyllen, sondern auch, und zwar viel öft mit einer gummi- oder harzartigen Substanz, wodurch di selben für Luft völlig impermeabel werden. — Nur b wenigen Pflanzen bleiben die Spiralgefässe im erkrankt Holze leer.

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Akademie der Wissenschaften und Künste, Südslavische: Ra Knjiga XX. U Zagrebu, 1872; 8°.

Apotheker-Verein, Allgem. österr.: Zeitschrift. 10. Jahrga Nr. 32. Wien, 1872; 8°.

Astronomische Nachrichten. Nr. 1906—1907 (Bd. 80. 1 Altona, 1872; 4°.

Beobachtungen, Schweizerische meteorologische. Mai—J 1871. Zürich, 4°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. To LXXV, Nrs. 16—18. Paris, 1872; 4°.

Fayrer, J., The Thanotophidia of India, being a Description of the venemous Snakes of the Indian Peninsula etc. London, 1872; Folio.

Genootschap, Bataviaasch, van Kunsten en Wetenschappen: Tijdschrift voor indische taal-, land- en volkenkunde. Deel XVIII (Zesde Serie. Deel I), Aflev. 3—4; Deel XX (Zevende Serie. Deel I.) Aflev. 3. Batavia & 's Hage, 1871 & 1872; 8°. — Notulen. Deel IX. 1871. Batavia, 1872; 8°. — Eerste Vervolg Catalogus der Bibliotheek en Catalogus der Maleische, Javaansche en Kawi Handschriften. Batavia & 's Hage, 1872; 8°.

Gesellschaft, geographische, in Wien: Mittheilungen. Bd. XV (neuer Folge V.), Nr. 10. Wien, 1872; 8°.

— österr., für Meteorologie: Zeitschrift. VII. Band, Nr. 20—21. Wien, 1872; 4°.

— k. physikalisch-ökonomische, zu Königsberg: Schriften. XII. Jahrg. (1871), I. & II. Abtheilung; XIII. Jahrg. (1872). I. Abtheilung. Königsberg; 4°. — Geologische Karte der Prov. Preussen. Sect. 5. Jura. Folio.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXIII. Jahrgang. Nr. 45. Wien, 1872; 4°.

Hamburg, Stadtbibliothek: Gelegenheitsschriften aus den Jahren 1871 & 1872. 4°.

Kasan, Universität: Denkschriften. Histor.-philolog. und polit.-juristische Abtheilung. 1864. I—II. — Physikal.-mathem. und medicin. Abtheilung 1864. I—II. 1865. Bd. I. — Sitzungsberichte. 1865. Bd. I. — Sitzungsberichte und Denkschriften. 1866. I—VI; 1868. I—VI; 1869. I—III. Kasan; 8°. — A. Popov, Theorie der Wellen. Kasan, 1868: 4°. (Sämmtlich in russischer Sprache.)

Küsten-Karten des Adriatischen Meeres. Nr. 1—15. Folio.

Landbote, Der steirische. 5. Jahrgang, Nr. 23. Graz, 1872; 4°.

Lesehalle, Akademische, in Wien: II. Jahresbericht. Wien, 1872; 8°.

Mittheilungen aus J. Perthes' geographischer Anstalt. 18. Band, 1872. Heft X. Gotha; 4°.

Moniteur scientifique par Quesneville. 3ᵉ Série. Tome II. 371ᵉ Livraison. Paris, 1872; 4°.

Comitato, R., geologico d'Italia: Bollettino. Anno 1872. Nr. 7 & 8. Firenze; gr. 8⁰.

Dittel, Leopold, Die Stricturen der Harnröhre. (Handbuch der allgem. u. speciellen Chirurgie, redigirt von Dr. v. Pitha und Dr. Billroth. III. Bd., II. Abth., 6. Lieferung.) Erlangen, 1872; gr. 8⁰.

Gesellschaft, Naturforschende, in Zürich: Vierteljahrsschrift. XXVI. Jahrgang, 3. & 4. Heft. Zürich, 1871; 8⁰.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXIII. Jahrgang. Nr. 46. Wien, 1872; 4⁰.

Graber, V., Beitrag zur Histologie der Stachelhäuter. Graz, 1872; kl. 4⁰.

Grad, Charles, Propositions pour l'établissement d'observations sur la température des mers de France. Abbeville, 1872; 8⁰.

Jahrbuch, Neues, für Pharmacie & verwandte Fächer, von Vorwerk. Band XXXVIII, Heft 3. Speyer, 1872; 8⁰.

Jahresberichte: Siehe Programme.

Keller, Filippo, Ricerche sull' attrazione delle montagne con applicazioni numeriche. Parte Iᵃ. Roma, 1872; 8⁰.

Landwirthschafts-Gesellschaft, k. k., in Wien: Verhandlungen und Mittheilungen. Jahrgang 1872, Nr. 22. Wien; 8⁰.

Leyden, Universität: *Annales academici. 1866—1867 & 1867—1868. Lugduni-Batavorum, 1871; 4⁰.*

Lipschitz, R., Über eine Ausdehnung der Theorie der Minimalflächen. Berlin, 1872; 8⁰.

Lotos. XXII. Jahrgang. Juli & August 1872. Prag; 8⁰.

Mittheilungen des k. k. techn. & administrat. Militär-Comité. Jahrgang 1872. 11. Heft. Wien; 8⁰.

— Mineralogische, gesammelt von G. Tschermak. Jahrgang 1872. Heft. 3. Wien, 1872; 4⁰.

Nature. Nr. 159, Vol. VII. London, 1872; 4⁰.

Programme und Jahresberichte der Gymnasien zu Brixen, Brünn, Capodistria, Eger, Essek, Fiume, Graz, Hermannstadt, Iglau, Kaschau, Kremsmünster, Kronstadt, Leoben, Marburg, Meran, Naszod, Pilsen, Presburg, Ragusa, Rudolfswert, Schässburg, Tabor, Teschen, Trient, Vinkovci, des

XXVI. SITZUNG VOM 21. NOVEMBER 1872.

Herr Dr. V. Graber, Privatdocent an der Grazer Universität, übersendet eine Abhandlung, betitelt: „Bemerkungen über die Gehör- und Stimmorgane der Heuschrecken und Zikaden."

Herr Prof. Dr. L. Schmarda hält einen Vortrag über einige neue Anthozoen aus der Abtheilung der Actinien. Die betreffende Abhandlung ist für die Denkschriften bestimmt.

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Abetti, Antonio, Cenni storici sul successivo sviluppo della meteorologia e su alcune sue importanti applicazioni. Padova, 1872; 8°.

Akademie der Wissenschaften, k. Schwedische: *Icones selectae Hymenomycetum nondum delineatorum. Fasc. III—VI. In folio.*

American Journal of Science and Arts. Third Series. Vol. III, Nrs. 16—18. New Haven, 1872; 8°.

Annalen der Chemie & Pharmacie, von Wöhler, Liebig & Kopp. N. R. Band LXXXVIII, Heft 2 & 3. Leipzig & Heidelberg, 1872; 8°.

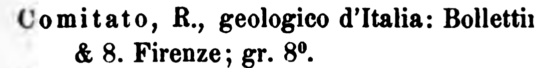
Astronomische Nachrichten. Nr. 1910. (Bd. 80. 14.) Altona, 1872; 4°.

Athen, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften aus d. J. 1870—72. 8° & 4°.

Beobachtungen, Magnetische und meteorologische, auf der k. k. Sternwarte zu Prag im Jahre 1871. 32. Jahrgang. Prag, 1872; 4°.

Bibliothèque Universelle et Revue Suisse: Archives des Sciences physiques et naturelles. N. P. Tome XLV. Nr. 178. Genève, Lausanne, Paris, 1872; 8°.

Breslau, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften aus d. J. 1871/2. 4° & 8°.



Comitato, R., geologico d'Italia: Bollettii & 8. Firenze; gr. 8⁰.

Dittel, Leopold, Die Stricturen der Harnr allgem. u. speciellen Chirurgie, redigi und Dr. Billroth. III. Bd., II. Abth., (gen, 1872; gr. 8⁰.

Gesellschaft, Naturforschende, in Züricl XXVI. Jahrgang, 3. & 4. Heft. Zürich,

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift Nr. 46. Wien, 1872; 4⁰.

Graber, V., Beitrag zur Histologie der 1872; kl. 4⁰.

Grad, Charles, Propositions pour l'établ tions sur la température des mers d(1872; 8⁰.

Jahrbuch, Neues, für Pharmacie & ver Vorwerk. Band XXXVIII, Heft 3. Sp

Jahresberichte: Siehe Programme.

Keller, Filippo, Ricerche sull' attrazione applicazioni numeriche. Parte I*. Roma,

Landwirthschafts-Gesellschaft, k. handlungen und Mittheilungen. Jahrg Wien; 8⁰.

Leyden, Universität: *Annales academi 1867—1868. Lugduni-Batavorum, 18*

Lipschitz, R., Über eine Ausdehnung d malflächen. Berlin, 1872; 8⁰.

Lotos. XXII. Jahrgang. Juli & August 187

Mittheilungen des k. k. techn. & admini Jahrgang 1872. 11. Heft. Wien; 8⁰.

— Mineralogische, gesammelt von G. Ts(1872. Heft. 3. Wien, 1872; 4⁰.

Nature. Nr. 159, Vol. VII. London, 1872;

Programme und Jahresberichte der G Brünn, Capodistria, Eger, Essek, Fiu stadt, Iglau, Kaschau, Kremsmünster, Marburg, Meran, Naszod, Pilsen, Presb wert, Schässburg, Tabor, Teschen, T

akad. Gymnasiums, des Gymnasiums der k. k. Theresianischen Akademie und zu den Schotten in Wien, des Gymnasiums zu Zara; dann der Oberrealschulen zu Triest und Wiener-Neustadt und der k. k. technischen Hochschule in Wien. 1870—1873. 4° & 8°.

Reden, gehalten bei der feierl. Inauguration des für das Schuljahr 1872—73 gewählten Rectors der k. k. technischen Hochschule, Dr. Heinrich Hlasiwetz, am 8. October 1872. Wien; 8°.

„Revue politique et littéraire“ et „La Revue scientifique de la France et de l'étranger. II° Année, 2° Série, Nr. 20. Paris & Bruxelles, 1872; 4°.

Società Italiana di antropologia e di etnologia: Archivio. II° Vol., fasc. 3°. Firenze, 1872; gr. 8°.

Société Botanique de France: Bulletin. Tome XVIII°, 1871. Comptes rendus. 4. Paris; 8°.

Sonklar, Edler v. Innstädten, Karl, Allgemeine Orographie. Die Lehre von den Relief-Formen der Erdoberfläche. Wien, 1873; 8°.

Tarry, Harold, De la prédiction du mouvement des tempêtes, et des phénomènes qui les accompagnent. Roma, 1872; 4°. — Sur l'origine des aurores polaires. 4°.

Uzielli, Gustavo, Nota sopra un nuovo goniometro. Pisa, 1872; 8°. — Baromètre hypsométrique à soupape. Florence, 1872; 4°.

Wolf, Rudolf, Astronomische Mittheilungen. XXI—XXX. Zürich, 1872; 8°.

Zeitschrift für Chemie, von Beilstein, Fittig & Hübner. XIV. Jahrgang. N. F. VII. Band, 23. Heft. Leipzig, 1871; 8°.
— des österr. Ingenieur- & Architekten-Vereins. XXIV. Jahrg., 14. Heft. Wien, 1872; 4°.

[illegible]

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE CLASSE.

LXVI. Band.

DRITTE ABTHEILUNG.

10.

Enthält die Abhandlungen aus dem Gebiete der Physiologie, Anatomie und theoretischen Medicin.



XXVII. SITZUNG VOM 5. DECEMBER 1872.

Herr Heinrich Schramm, Director der n.-ö. Landes-Oberrealschule in Wiener-Neustadt, übersendet eine Abhandlung, betitelt: „Die allgemeine Bewegung der Materie als Grundursache aller Naturerscheinungen.“

Herr Hofrath Dr. E. Ritter v. Brücke überreicht eine Abhandlung des c. M. Herrn Prof. Dr. J. Czermak in Leipzig, betitelt: „„Nachweis echter „hypnotischer“ Erscheinungen bei Thieren.““

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Accademia, Reale, dei Lincei: Atti. Tomo XXV. — Anno XXV Sess. 4ª—6ª. Roma, 1872; 4°.

Akademie der Wissenschaften, Königl. Preuss., zu Berlin: Monatsbericht. Juli 1872. Berlin; 8°.

Annales des mines. VIIᵉ Série. Tome I. 3ᵉ Livraison de 1872. Paris; 8°.

Apotheker-Verein, allgem. österr.: Zeitschrift. 10. Jahrgang, Nr. 33—34. Wien, 1872; 8°.

Astronomische Nachrichten. Nr. 1911—1912. (Bd. 80. 15—16.) Altona, 1872; 4°.

Beobachtungen, Schweizer. Meteorologische. August bis November 1871. Zürich; 4°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXV. Nrs. 19—21. Paris, 1872; 4°.

Freiburg i. Br., Universität: Akademische Gelegenheitsschriften aus dem Jahre 1871/72. 4° & 8°.

Gesellschaft, Schlesische, für vaterländische Cultur: 49. Jahresbericht. Breslau, 1872; 8°. — Abhandlungen der philos.-hist. Abtheilung 1871; Abhandlungen der Abtheilung für Naturwissenschaften u. Medicin. 1869/72. Breslau, 1872; 8°.

Gesellschaft, Astronomische, in Leipzig: Publicationen. XI—XII. Leipzig, 1872; 4°.

— österr., für Meteorologie: Zeitschrift. VII. Band, Nr. 22—23. Wien, 1872; 4°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXIII. Jahrgang, Nr. 47—48. Wien, 1872; 4°.

Hinrichs, Gustavus, The School Laboratory of Physical Science. Vol. II, Nr. 2. Iowa City, 1872; 8°.

Institut National Génevois: Bulletin. Nr. 36. Vol. XVII, pages 1 à 216. Genève, 1872; 8°.

Institute, The Anthropological, of Great Britain and Ireland Journal. Vol. I, Nrs. 2—3; Vol. II. Nr. 1. London, 1871—1872; 8°.

Institution, The Royal, of Great Britain: Proceedings. Vol. VI, Parts 3—4. London, 1871; 8°.

Landbote, Der steirische. 5. Jahrgang, Nr. 24. Graz, 1872; 4°.

Landwirthschafts-Gesellschaft, k. k. in Wien: Verhandlungen und Mittheilungen. Jahrgang 1872, Nr. 23. Wien; 8°.

Militär-Comité, k. k. techn. und administr.: Bericht über die Thätigkeit und die Leistungen desselben im Jahre 1871. Wien. 1872; 8°.

Mittheilungen aus J. Perthes' geographischer Anstalt. 18. Band, 1872, Heft XI. Gotha; 4°.

Nature. Nr. 161, Vol. VII. London, 1872; 4°.

Naval Observatory, Washington: Observations for 1870. Appendix II. Washington, 1872; 4°. — Papers relating to the Transit of Venus in 1874. Part I. Washington, 1872; 4°.

Osservatorio del R. Collegio Carlo Alberto in Moncalieri: Bullettino meteorologico. Vol. VI, Nr. 7—9. Firenze, 1871; 4°.

Protocoll über die Verhandlungen der XLVIII. General-Versammlung der Actionäre der a. pr. Kaiser Ferdinands-Nordbahn. Wien, 1872; 4°.

Pulkowa, Nicolai-Hauptsternwarte: Jahresbericht. 1871. St. Petersburg; 8°. — *Tabulae quantitatum Besselianarum pro annis 1875 ad 1879 computatae. Edidit Otto Struve. Petropoli. 1871; in 8°.*

Reichsanstalt, k. k. geologische: Verhandlungen. Jahrgang 1872, Nr. 14. Wien; 4°.

„Revue politique et littéraire“, et „La Revue scientifique de la France et de l'étranger“. IIe Année, 2e Série, Nrs. 21—22. Paris & Bruxelles, 1872; 4⁰.

Schramm, Heinrich, Die allgemeine Bewegung der Materie als Grundursache aller Naturerscheinungen. I. & II. Abtheilung. Wien, 1872 & 1873; 8⁰.

Société Impériale de Médecine de Constantinople: Gazette médicale d'Orient. XVIe Année, Nrs. 3 & 4. Constantinople, 1872; 4⁰.

— Hollandaise des Sciences à Harlem: Archives Néerlandaises des Sciences exactes et naturelles. Tome VII, 1re—3e Livraisons. La Haye, Bruxelles, Paris, Leipzig, Londres & New-York, 1872; 8⁰.

— Géologique de France: Mémoires. IIe Série. Tome IXe. I—III. Paris, 1869, 1871, 1872; 4⁰. — Bulletin. 2e Série. Tome XXIV, 1867, Nr. 5; Tome XXV, 1868, Nr. 5; Tome XXVIII, 1871, Nrs. 1 & 5. Paris; 8⁰.

Society, The Royal Dublin: Journal. Nr. XL. Vol. VI, Nr. 1. Dublin, 1872; 8⁰.

— The Zoological, of London: Transactions. Vol. VII, Parts 7—8; Vol. VIII, Parts 1—2. London, 1871—1872; 4⁰. — Proceedings for the Year 1871, Parts 2—3; for the Year 1872, Parts 1—3. London; 8⁰. — Revised List of the Vertebrated Animals now or lately living in the Gardens. 1872. London; 8⁰. — Catalogue of the Library. London, 1872; 8⁰.

Verein, physikalischer, zu Frankfurt a. M.: Jahres-Bericht für 1870—1871. Frankfurt a. M., 1872; 8⁰.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXII. Jahrgang, Nr. 47—48. Wien, 1872; 4⁰.

Zeitschrift des österr. Ingenieur- & Architekten-Vereins. XXIV. Jahrgang, 15. Heft. Wien, 1872; 4⁰.



Nachweis echter „hypnotischer" Erschein

Von Prof. **Joh. Czermak** in Lei

Die zufällige Veranlassung zu den nac
ten Beobachtungen und Versuchen über di
bekannten, aber noch niemals näher gewürd
essanten und auffallenden neuro-physiolo
war für mich die gelegentlich erhaltene Noti
derbares Verhalten des gewöhnlichen Flus

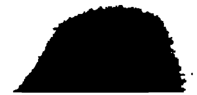
Diese Notiz bestand in der Mittheilung
fahrens, Krebse zu — „magnetisiren"!

Man halte, so hiess es, den Krebs mit
und mit der anderen führe man „magnet
Schwanz gegen den Kopf, indem man beim
gegebenen Richtung die Fingerspitzen dem
bis auf etwa 1/4 Zoll — jede Berührung sorgf
nähere, beim Zurückführen der Hand aber
beschreibe.

Unter dieser Manipulation werde der
Zeit ruhig und lasse sich dann senkrecht a
wobei ihm der Nasenstachel und die beiden
nen Scheeren als Unterstützungspunkte dien

In dieser absonderlichen und unnatür
harre das Thier nun regungslos, bis man
gesetzte, vom Kopf- gegen das Schwanze
striche — „entmagnetisire", worauf es sich
anfange, das Gleichgewicht verliere, umsch
hen suche!

Da mir mein Berichterstatter als ein
und völlig glaubwürdiger Charakter bekann



versicherte, diese ganze wunderliche Sache nicht nur oft mit angesehen, sondern auch selbst mit Erfolg versucht zu haben, so konnte ich nicht einen Augenblick zweifeln, dass es sich hierbei um eine Thatsache — wenn auch nur um eine „ungenau beobachtete Thatsache“ handle.

Denn, dass Krebse sich hätten auf den Kopf stellen lassen und regungslos in dieser Stellung verblieben wären, nachdem sie in der beschriebenen Weise „gestrichen“ worden waren, war gewiss eine wirkliche Thatsache, da mein Berichterstatter mit seinem Zeugniss dafür einstand, — und auffallend und interessant genug, um näher untersucht zu werden.

Ich stellte daher bei nächster Gelegenheit diesen Versuch an und überzeugte mich in der That von der vollkommenen Richtigkeit der gemachten Angaben, — allein ich fand weiter auch sofort, dass der Hokuspokus mit den sogenannten „magnetisirenden“ und „entmagnetisirenden“ Luftstrichen selbstverständlich völlig entbehrlich ist, und dass die Krebse sowohl ohne weiteres regungslos auf dem Kopfe stehen bleiben, wenn man sie trotz ihres anfänglichen Widerstrebens in diese gezwungene Stellung bringt und so lange festhält, bis sie sich völlig beruhigt haben, was bald genug geschieht, — als auch von selbst wieder erwachen und aus ihrer unnatürlichen Situation sich befreien, nachdem sie minutenlang — wie schlafend — in derselben ausgeharrt hatten!

Ebenso werden Krebse alsbald in den Zustand der Regungslosigkeit versetzt, aus dem sie erst nach längerer oder kürzerer Zeit von selbst oder auf heftigere Reize erwachen, wenn man sie in beliebigen, selbst unnatürlichen Stellungen und Lagen, statt mit den Fingern durch irgend welche mechanische Zwangsmittel (Bindfaden, Holzzwinge), welche ihre anfänglichen Widerstandsbestrebungen vereiteln, festhalten lässt.

Ja, legt man einen Krebs einfach auf den Rücken, so geschieht es häufig genug, dass er sich einige Zeit erfolglos abarbeitet, um sich umzudrehen; die Schwere hält den Ungeschickten unerbittlich fest — und alsbald bleibt er regungslos in der gezwungenen, unnatürlichen Stellung liegen, um erst nach langer Zeit seine Bemühungen wieder aufzunehmen. Endlich macht

bekanntlich auch ein Krebs, der völlig unbehelligt seines Weg zieht, zuweilen Halt und bleibt regungslos — minutenlang liegen, bevor er sich weiter bewegt.

Also auch ein ganz unbelästigter Krebs kann in den Zustand völliger Regungslosigkeit verfallen, wie unsere Versuchsthiere.

Allein darum dürften die ihres mysteriösen Charakter allerdings völlig entkleideten Versuche und Beobachtungen doc noch nicht alles Interesse verlieren, denn es waltet hierbei de grosse zweifache Unterschied ob, dass erstens die Regungslosigkeit bei unseren Versuchsthieren durch unsere Veranstaltungen künstlich und willkürlich hervorgerufen wird während der unbehelligte Krebs von selbst und ohne nachweisbare Veranlassung in Regungslosigkeit verfällt, und zweitens dass die Versuchsthiere regungslos bleiben, und zwar auffallen lange, trotzdem sie in Folge ihrer oft höchst unnatürliche und gezwungenen Stellungen und Lagen einem fortwährende mächtigen Anreiz zur Bewegung ausgesetzt sind, und sich dahe ganz bestimmt nicht in einem völlig wachen und normalen Zustand und Grade der Erregbarkeit und Functionsfähigkeit ihres Nervensystems befinden, während der unbehelligte Krebs augenscheinlich gar keinem Anreiz zur Bewegung ausgesetzt ist und daher trotz seiner Regungslosigkeit die volle normale Leistungsfähigkeit seiner Nerven-Centra und Fasern immerhin noch besitzen kann, obschon sich freilich nicht entscheiden lässt, ob er nur kein Motiv zur Bewegung habe, oder ob er sich nicht etwa auch in einem abnormen oder schlafartigen Zustande befinde.

Jedenfalls kann es nach diesen meinen Beobachtungen als eine neue und auffallende Thatsache registrirt werden, dass Krebse — wenigstens im Spätherbst und Winter, wo ihre Lebensgeister vielleicht mehr als zu anderen Jahreszeiten herabgestimmt sein mögen — die merkwürdige Eigenschaft besitzen, die dem völlig wachen Zustande entsprechende normale Functionsfähigkeit ihres Nervensystems, selbst in den unnatürlichsten Lagen und Stellungen, welche die Quelle ununterbrochener Bewegungsanreize sind, zu verlieren, sobald sie

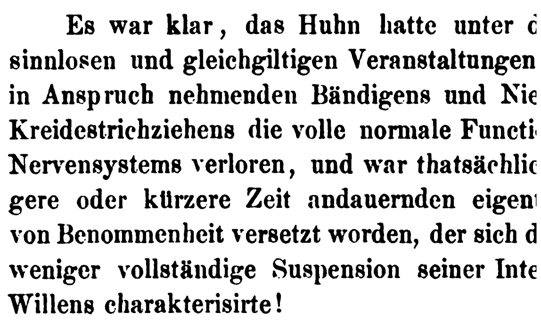
trotz ihres Widerstrebens, verhältnissmässig kurze Zeit bezwungen und festgehalten werden.

Ob es sich hierbei um eine Art von „Reflex-Hemmung“ in Folge des Eindruckes der Berührung und des Zwanges, welchem die Versuchsthiere ausgesetzt sind, oder aber um einfache Ermüdungserscheinungen, oder vielleicht schlafähnliche Zustände handelt, welche bei Krebsen überhaupt und unter allen Umständen eintreten, wenn sie eine Zeit lang wach und thätig waren — das müssen weitere Untersuchungen entscheiden.

Einmal angeregt durch die eben mitgetheilten Versuche und Beobachtungen, zu welchen jene Notiz über das sogenannte „Magnetisiren“ der Krebse die Veranlassung gegeben hatte, erinnerte ich mich sogleich ähnlicher „ungenau beobachteter“ Thatsachen von künstlich hervorrufbarer Regungslosigkeit bei Vögeln, welche ich vom Hörensagen kannte, ohne jemals Gelegenheit gehabt zu haben, selbst Zeuge derselben zu sein, und beschloss daher, mich mit diesem wunderlichen Gegenstande zu beschäftigen. Ich fand nun sogleich, dass es ganz wahr und richtig ist, was man so oft erzählen und von Augenzeugen versichern hören kann, dass ganz wilde scheue Hühner, die man eben erst mit Mühe eingefangen und festgehalten habe, alsbald ganz frei gelassen werden könnten, nachdem man auf dem Fussboden oder der Tischplatte, wo sie in oft ganz unbequemer Bauch- oder Seitenlage einige Zeit niedergehalten worden waren, einen geraden Kreidestrich in der Verlängerung des Schnabels oder in querer Richtung von jedem Auge aus hingemalt hätte, — ohne dass sie den geringsten Versuch machten, sich zu bewegen oder gar zu entfliehen!

Ich gestehe, dass ich von sprachlosem Staunen ergriffen war, als ich diesen interessanten Versuch das erste Mal, und zwar gleich mit dem eclatantesten Erfolge anstellte, denn das Huhn blieb nicht nur minutenlang, heftig athmend, sonst aber völlig regungslos in seiner unbequemen und gezwungenen Stellung liegen, sondern machte auch nicht den geringsten Versuch zu entfliehen, als ich es wiederholt, obschon nicht allzu gewaltsam aufzuscheuchen suchte! Nach einiger Zeit kam es von selbst zu sich und entfloh.





Es war klar, das Huhn hatte unter d
sinnlosen und gleichgiltigen Veranstaltungen
in Anspruch nehmenden Bändigens und Nie
Kreidestrichziehens die volle normale Functi
Nervensystems verloren, und war thatsächlic
gere oder kürzere Zeit andauernden eigen
von Benommenheit versetzt worden, der sich d
weniger vollständige Suspension seiner Inte
Willens charakterisirte!

Es galt nun, den ursächlichen Zusamme
raschenden Erscheinungen zu ermitteln, um
genau beobachteten" Thatsache stehen zu ble
Athanasius Kircher, der bekannte Polyhi
Fulda, welcher diese mysteriöse Geschichte b
erschienenen „Ars magna lucis et umbrae", Lit
und aus der Wirkung des Kreidestriches auf d
des Huhns erklärt.

Kircher stellte nämlich den Versuch,
als „experimentum mirabile" beschreibt und s
durch einen naiv-kräftigen Holzschnitt illustri
an. Er schnürte zuerst die Füsse des Huhn
schmalen Bandes zusammen, und legte das
auf den Boden, wo es sich nach länger ode
dem Geschrei und Umsichschlagen endlich
wenn es", sagt er, „bei der Fruchtlosigkeit s
an der Flucht verzweifelnd, sich der Willkü
gäbe".

Darauf zog Kircher in querer Richtur
aus einen geraden Kreidestrich auf den Bo
fesselnde Band von den Füssen, und sah nun
jetzt ganz frei und unbehindert war, regungsl
selbst wenn er es aufzuscheuchen suchte.

Deshalb berichtet Kircher, dass der K
Thiere, in Folge der überaus lebhaften „I
sich besonders die Hühner erfreuten, für
werde, vermittelst welches es gefesselt sei,
Füssen, trotzdem diese letzteren bereits a
ledig sind.

Damit hat nun Kircher, so genau sein Bericht auch der Wirklichkeit entspricht, etwas berichtet, was sich gar nicht ereignet hat, und seine sonst wahrheitsgetreuen Angaben in jene verhängnissvolle Kategorie der „ungenau beobachteten Thatsachen“ herabgesetzt, welche eine so grosse Rolle in der Geschichte des menschlichen Irrthums spielt.

Wir haben ja bereits gesehen, dass man das Huhn gar nicht erst mit Band zu fesseln, sondern blos mit Händen zu halten und niederzudrücken braucht, bevor und während man den Kreidestrich zieht, um es regungslos zu machen; — wie soll es aber da auf den Gedanken kommen, dass der Kreidestrich ein Band sei, womit es gefesselt werde, da ihm eine Fesselung mit einem Band überhaupt gar nicht widerfahren ist!

Ferner könnte das Thier nicht wohl liegen bleiben, sobald der Kreidestrich weggelöscht wird — und doch zeigt, wie ich gefunden habe, die Erfahrung, dass man den Kreidestrich vorsichtig weglöschen kann, ohne den Zauber sofort schwinden zu sehen.

Das könnte freilich auf einer Nachwirkung beruhen, aber ich fand, dass man den Kreidestrich überhaupt gar nicht zu ziehen braucht, und der Versuch dennoch gelingt; — es genügt dazu, das Thier durch einige Zeit einfach festzuhalten und den Hals sammt dem Kopfe gerade gestreckt auf die Unterlage mit sanfter Gewalt niederzudrücken, — ohne den Kreidestrich hinzu zu zeichnen!

Auf diese einfache Weise, und ohne allen Kreidestrich habe ich nicht nur Hühner, sondern auch Enten, Gänse, Truthühner und sogar einmal einen scheuen und sehr ungeberdigen Schwan in jenen eigenthümlichen Zustand der Stupidität und Willenlosigkeit versetzt, welcher es den Thieren für kürzere oder längere Zeit unmöglich macht, zu entfliehen, oder auch nur ihre oft sehr unbequemen Stellungen und Lagen zu verändern.

Dieser Zustand dauerte bei Hühnern, an denen ich zumeist experimentirte, mitunter viele Minuten und war gewöhnlich so intensiv, dass ich die Thiere vorsichtig auf den Rücken wälzen konnte, ohne sie hierdurch zu erwecken oder einen Widerstand von ihnen zu erfahren. Dabei verblieb der Kopf, wie von

einer unsichtbaren Hand festgehalten, in seiner ursprünglichen Orientirung im Raume (den Scheitel nach oben, den Schnabel nach vorn und etwas nach unten), indem sich der Hals entsprechend verdrehte, und von den Füssen wurde immer der eine mit krampfhaft eingekrümmten Zehen hoch emporgezogen, der andere hingegen nach unten gestreckt; in dieser Attitüde blieben die Hühner dann noch minutenlang, tief und heftig athmend, und hie und da mal mit den Augen zwinkernd, sonst aber ganz ruhig liegen — bis sie endlich von selbst, oder auf eine nachweisliche äussere Störung hin mehr oder weniger plötzlich zu sich kamen und entflohen.

Mein den Kreidestrich eliminirendes Verfahren des einfachen Niederdrückens des gerade gestreckten Halses und Kopfes der, in der Bauch- oder Seitenlage auf der Tischplatte festgehaltenen Thiere erwies sich bei verschiedenen der genannten Thiergattungen und bei verschiedenen Thierindividuen derselben Gattung, — ja zu verschiedenen Zeiten bei einem und demselben Individuum mehr oder weniger, manchmal wohl auch gar nicht wirksam.

Nichtsdestoweniger dachte ich natürlich zunächst daran, dass das wirksame Hauptmoment auch bei der schon von Kircher angegebenen Manipulation zur Hervorrufung jener eigenthümlichen Alteration der centralen Nerventhätigkeit der Hühner eben in der gewaltsamen, wenn auch sanften Geradestreckung des Halses und Kopfes und in einer in Folge dessen durch Ausgleichung der natürlichen Krümmungen wahrscheinlicher Weise gesetzten leisen mechanischen Dehnung oder Zerrung und Pressung der centralen Nervensubstanzen, nämlich des Rückenmarkes und gewisser Hirntheile zu suchen sein müsse, während das Zusammenbinden der Füsse, sowie das Bezwingen und Festhalten des Thieres, welches niemals ohne einen mehr oder weniger starken und ausgedehnten Eindruck auf die Hautnerven und die widerstrebenden Muskeln stattfinden kann, — und dann namentlich auch der Kreidestrich völlig ohne alle Bedeutung und Wirkung seien.

Allein dem ist nicht so, denn ich fand bald, dass der anscheinend ganz bedeutungslose Kreidestrich in der That von überraschender Wirksamkeit sei, und eine hervorragende Rolle

bei Hervorrufung der merkwürdigen Nervenalteration spiele, und ebenso auch die sanfte Gewalt und unvermeidliche Berührung beim Bezwingen und Festhalten der Thiere nicht ganz bedeutungslos sein könne, während, im Gegentheil, die supponirte leise mechanische Dehnung oder Zerrung und Pressung der centralen Nervensubstanzen bei der Geradestreckung des Halses und Kopfes — wenn sie überhaupt wirklich zu Stande kommt — wohl nichts mit den fraglichen Erscheinungen zu thun haben dürfte.

Mit Bezug auf den letzten Punkt erschien mir schon der Umstand als Fingerzeig, dass es mir durchaus nicht gelingen wollte, Tauben, die, wie die Hühner, in der Bauch- oder Seitenlage festgehalten wurden, durch einfaches Geradstrecken und Niederhalten des Halses und Kopfes regungslos zu machen, obschon doch bei ihnen die gleiche Wahrscheinlichkeit für eine hierdurch bewirkte leise mechanische Alteration gewisser Hirn- und Rückenmarkstheile vorlag, wie bei den Hühnern, Enten, Gänsen, Truthühnern und dem Schwan.

Mit Bezug auf eine Wirksamkeit der sanften Gewalt, welche den widerstrebenden Muskeln angethan wird, indem man die Thiere bezwingt und festhält, und in Bezug auf eine Wirksamkeit des Eindruckes auf die Hautnerven, welcher beim Berühren, Festhalten oder Binden der Thiere unvermeidlich ist, sind dagegen die folgenden Versuche und Erfahrungen von Wichtigkeit.

1. Es ist mir häufig der Fall vorgekommen, dass ein Huhn, welches so eben nach minutenlanger, durch Festhalten in der Bauch- oder Seitenlage und Geradstrecken des Halses und Kopfes hervorgerufener Regungslosigkeit erwacht und entflohen, sofort aber wieder eingefangen worden war, augenblicklich in den wunderbaren lethargischen Zustand zurückversetzt werden konnte, indem man das auf seinen Füssen stehende Thier — seinen Muskelwiderstand mit sanfter Gewalt überwindend — in die hockende Bauchstellung niederdrückte. Kopf und Hals waren dabei immer ganz frei und unberührt geblieben. Schon während des allmäligen sanften Niederdrückens beobachtete ich ein merkwürdiges Verhalten des Thieres. Der Kopf blieb nämlich, wie von unsichtbarer Gewalt festgehalten, an seinem Orte

im Raume fixirt, indem sich der Hals in dem Masse streckte und verlängerte, als der Rumpf nach unten rückte; — und als ich das völlig niedergeduckte Thier losliess, blieb es minutenlang in dieser sonderbaren Attitüde starr und regungslos sitzen. Hier war also der fragliche Zustand nur in Folge der Berührung und sanften Gewalt, welcher das Thier ausgesetzt worden war, eingetreten; freilich hatte sich das Thier kurz vorher in demselben Zustand befunden, was eine Geneigtheit zurückgelassen haben konnte, bei der geringsten Veranlassung wieder in denselben zu verfallen; doch ist nicht zu übersehen, dass allerdings das Erwachen aus dem ersten Regungslosigkeitszustand, die Flucht und das Wiedereingefangenwerden dazwischen liegen.

2. Ähnliche Versuche, wo es sich anscheinend zunächst auch nur um einen Eindruck auf die Hautnerven und um die sanfte Gewalt handelt, welche man den geängstigten Thieren anthut, indem man sie bezwingt und festhält, habe ich an den verschiedensten kleinen Vögeln, wie Stieglitzen, Zeisigen, Canarienvögeln, Rothkehlchen u. s. w. angestellt. Mir hat der hiesige Thiergartenbesitzer Herr Geupel-White mit zuvorkommendster Bereitwilligkeit sein reiches Material an in- und ausländischen Vögeln zur Disposition gestellt, wofür ich ihm hiemit meinen besten Dank öffentlich ausspreche.

Bei der Lebhaftigkeit dieser kleinen Geschöpfe sind diese Versuche besonders auffallend und überraschend.

Vielen Vogelliebhabern ist die Thatsache bekannt, dass diese Thierchen kürzere oder längere Zeit regungslos liegen bleiben und keinen Versuch machen zu entfliehen, nachdem man sie einfach mit etwas nach hinten übergebeugtem Kopfe sanft auf den Rücken gelegt und kurze Zeit in dieser Lage festgehalten hat und dann ganz frei lässt!

Ich stellte den Versuch in der Art an, dass ich den Leib des auf den Rücken gelegten Vögelchens mit der einen Hand festhielt, während ich den etwas nach hinten übergebogenen Kopf von beiden Seiten her zwischen Daumen und Zeigefinger der anderen Hand fasste.

Aber auch in sitzender Stellung, den etwas nach hinten übergebogenen Kopf zwischen den an die Ohrgegend angelegten

Daumen und Zeigefinger sanft festhaltend, versetzte ich die Vögelchen in jenen eigenthümlichen Zustand der Stupidität und Willenlosigkeit; dabei behielten sie die Augen oft ganz offen, zuweilen aber schlossen sie dieselben und jener Zustand ging augenscheinlich in gewöhnlichen Schlaf über.

Ich habe wiederholt gesehen, dass Vögelchen, die beim Loslassen der haltenden Finger ganz frei mit offenen Augen regungslos sitzen geblieben waren, allmälig die Augen schlossen und einschliefen, das Gleichgewicht verloren, darüber momentan erwachten, sich aber wieder zurecht setzten und fortschliefen, bis sie endlich, nach einem Zeitraum von 15 Minuten und mehr seit dem Loslassen und Entfernen der haltenden Hände, völlig erwachten und fortflogen.

Manchmal habe ich ein Vögelchen auch nur in einer Hohlhand gehalten und das hervorstehende Köpfchen mit der Spitze des an die Ohr- oder Kieferwinkelgegend desselben angelegten Daumens derselben Hand sanft gegen die Mitte des gekrümmten Zeigefingers angedrückt und den fraglichen Zustand hervorgerufen, welcher trotz der noch offen gebliebenen Augen so intensiv sein konnte, dass sich das Thierchen aus der geöffneten Hohlhand auf die Tischplatte schieben liess, und daselbst noch minutenlang regungslos, aber heftig athmend, auf dem Rücken liegen blieb!

Bei allen diesen Versuchen wird nun der fragliche Zustand der Regungslosigkeit, welcher in gewöhnlichen Schlaf übergehen kann, offenbar zunächst wieder nur durch die Folgen des Eindruckes hervorgerufen, welchen wir durch die Berührung und sanfte Gewalt des Festhaltens auf die Thiere machen.

3. Dass die Erregung gewisser Hautnerven durch Druck oder Pressung schon ganz allein im Stande ist, die normale Functionsfähigkeit bestimmter Theile des centralen Nervensystems für längere Zeit zu alteriren und sogar aufzuheben, zu hemmen, wodurch Thiere in einen Zustand verfallen, der sich zunächst durch eine Art von Stupidität und Willenlosigkeit charakterisirt, beweist der schöne Versuch am Frosch, den Lewisson in seinem Aufsatz: „Über Hemmung der Thätigkeit der motor. Nervencentren durch Reizung sensibler Nerven“ im Du Bois-Reichert'schen Archiv, 1869, p. 255, beschrieben hat.

Der Gesichtspunkt, unter welchem sich die uns hier beschäftigenden Zustände und Erscheinungen dem Auge des Physiologen darbieten, berechtigt mich, den Lewisson'schen Versuch als zur Sache gehörig herbeizuziehen, sowie auch noch auf eine neuro-physiologische Thatsache beiläufig hinzuweisen, welche ich im 7. Bande, 1856, der „Zeitschr. für wiss. Zoologie", p. 342, mitgetheilt habe.

Dieselbe bezieht sich auf das Starr- und Regungsloswerden eines Tritons in Folge heftiger Quetschung sensibler Körpertheile, was insofern hierher gehört, als es auch ein Beispiel ist für die Alteration der normalen Functionsfähigkeit der Nervencentren durch centripetal geleitete Eindrücke.

Doch kehren wir zu unserem alten Kircher'schen „experimentum mirabile" am Huhn zurück.

Nach Analogie der zuletzt herbeigezogenen Erfahrungen möchte der Gedanke nahe liegen, ob nicht das Zusammenschnüren der Füsse des Huhns nicht blos dadurch, dass es das Thier fesselt und bezwingt, sondern auch dadurch, dass es Hautnerven presst, eines der causalen Momente bei Hervorbringung der zu beobachtenden neuro-physiologischen Erscheinungen wäre.

Dies mag vorläufig dahingestellt bleiben. Dagegen habe ich hier noch den interessantesten Theil meiner Untersuchungen über das Kircher'sche Experiment auseinanderzusetzen.

Es handelt sich um die Entscheidung der Frage: Hat der Kreidestrich in dem Kircher'schen Experiment irgend eine Bedeutung oder nicht? — und wenn er eine hat — welche?

Ich habe schon früher erwähnt, dass es mir nicht gelingen wollte, Tauben, welche ich wie die Hühner behandelte, indem ich sie längere Zeit in der Bauch- und Seitenlage festhielt, und ihren gerade gestreckten Hals und Kopf auf die Unterlage sanft niederdrückte, in jenen Zustand der Regungslosigkeit zu versetzen.

Ich versuchte es daher, die Tauben wie die kleinen Vögel zu behandeln, d. h. sie in der Rückenlage mit etwas nach hinten übergebogenem Kopf, den ich in der Ohr- und Kieferwinkel

gegend zwischen Daumen und Zeige- oder Mittelfinger der einen Hand fasste, niederzuhalten.

Aber auch dieses Verfahren, welches bei den Vögelchen so wirksam ist, schien bei den Tauben zu versagen. Fast immer flogen sie fast augenblicklich auf und davon, so wie ich sie losgelassen und meine Hände entfernt hatte.

Ich bemerkte jedoch bald, dass die kurze Zeit, während welcher die Tauben nichtsdestoweniger ruhig in ihrer Stellung verharrten, nachdem ich sie losgelassen hatte, beträchtlich wuchs und sich zu Minuten ausdehnte, wenn ich die Finger der Hand, welche den Kopf hielt, zwar von einander that, um den Kopf loszulassen, die Hand selbst aber nur wenig zurückzog oder überhaupt gar nicht entfernte, während die andere den Rumpf haltende Hand schon längst ganz entfernt worden war.

Indem ich diese Spur neuer Thatsachen eifrig weiter verfolgte, entdeckte ich zu meiner Überraschung, dass es sich dabei um die Fixirung des Blickes und der Aufmerksamkeit der Taube auf meine nahe vor ihren Augen befindlichen Finger handelte.

Ich versuchte nun, einer Taube, die ich in der Rücken-, Bauch- oder Seitenlage mit der einen Hand festhielt, deren Hals und Kopf aber ganz frei und unberührt blieb, einen Finger der anderen Hand quer oder in senkrechter Richtung knapp vor die *Glabella* (Stirn-Schnabelwurzelgegend) zu halten, und siehe da! — gleich die erste Taube, welche ich in dieser Weise behandelte, blieb, nachdem ich die den Rumpf derselben haltende Hand entfernt hatte, vor meinem ihr vorgehaltenen Finger der anderen Hand, ganz frei, minutenlang starr und regungslos, wie gebannt, sitzen oder liegen.

Ich konnte die entfernte Hand dem Thiere wieder nähern, es mit derselben ergreifen, aus der Bauch- oder Seitenlage auf den Rücken wenden; — das Thier liess willenlos alles mit sich geschehen, ohne zu widerstreben oder einen Fluchtversuch zu machen, wenn ich nur darauf achtete, ihm den Finger fortwährend knapp vor die *Glabella* zu halten und seinem Blicke darzubieten.

Ich habe diesen höchst überraschenden Versuch wiederholt und an einer grösseren Reihe von verschiedenen Taubenindividuen angestellt. Er gelang stets, in mehr oder weniger eclatan-

ter Weise, sobald ich es nur dazu gebracht hatte, den Blick und die Aufmerksamkeit der Taube auf den vorgehaltenen Finger zu ziehen und zu fixiren. Es versteht sich aber von selbst, dass verschiedene Taubenindividuen, ja ein und dasselbe Individuum zu verschiedenen Zeiten und unter verschiedenen Umständen einen verschiedenen Grad von Geneigtheit zeigt, sich dem Banne durch den vorgehaltenen Finger hinzugeben; ja sehr oft sieht man deutlich, wie das Thier, durch augenscheinlich ängstliches Abwenden des Kopfes dem Anblick des Fingers sich hartnäckig zu entziehen sucht, und es dauert dann oft lange und nicht ohne dass man die Taube in der Rückenlage am Rumpf und Kopf einige Zeit festgehalten hat, dass man endlich zum Ziele kommt.

Es ist damit offenbar, wie Schopenhauer vom Einschlafen sagt: „das Gehirn muss anbeissen!“

Wie mit Sicherheit erwartet werden musste, haben mich zahlreiche Controlversuche gelehrt, dass eine Glaskugel, ein Korkstöpsel, eine kleine Wachskerze oder sonst ein gleichgiltiger unbelebter Gegenstand, der, auf einem passenden Gestelle befestigt, oder der Taube auf die *Glabella* festgeklebt, dem Blicke der Taube dargeboten wird, genau dieselben Zauberdienste thut, wie der Finger der Menschenhand, nur muss man natürlich dafür sorgen, dass sich der Blick und die Aufmerksamkeit der Taube durch längere Zeit auf diesen Gegenstand fixirt — dass ihr Gehirn so zu sagen „anbeisst“.

Man wird auch unter diesen Umständen häufig finden, dass die Taube dem am Gestelle befestigten Fixations-Object sorgfältig und hartnäckig auszuweichen sucht, und dann ist es nicht so bequem, dem fliehenden Kopfe das Gestell nachzuschieben, als mit dem vorgehaltenen Finger zu folgen. Ist das Fixations-Object auf die *Glabella* der Taube festgeklebt, so hilft ihr das Hin- und Herwenden, Heben und Senken des Kopfes nichts, und man sieht dem sonderbaren Gebahren des Thieres an, dass es perplex und aufgeregt wird — und dann „beisst das Gehirn“ gewöhnlich nicht an.

Ich habe aber Tauben, denen ich z. B. ein Zündhölzchen quer über die Schnabelwurzel geklebt hatte, nachdem sie längere Zeit in der Bauch-, Seiten- oder Rückenlage festgehalten worden waren — in Regungslosigkeit verfallen und ganz frei

gelassen — minutenlang in derselben verharren sehen, wobei sie die Augen entweder ganz offen hatten und offen behielten, oder zeitweilig — wie schlaftrunken — auf und zu machten.

Nachdem ich die so eben mitgetheilten Thatsachen bei den Tauben entdeckt hatte, war mir sofort zweierlei klar; erstens, dass der Kreidestrich im Kircher'schen Experiment bei den Hühnern allerdings etwas — und was er zu bedeuten habe; und zweitens, dass es, wie man zwar schon längst vermuthet und ausgesprochen, aber noch niemals genauer untersucht und erwiesen hatte, thatsächlich auch bei Thieren echte sog. „hypnotische“ Erscheinungen und Zustände gibt — was mir von einiger Wichtigkeit zu sein scheint.

Ad 1. Nach den Erfahrungen an den Tauben liegt es nämlich auf der Hand, dass der Kreidestrich ein Object ist, welches den Blick und die Aufmerksamkeit des Huhns auf sich zieht und gefangen nimmt, und hierdurch jedenfalls dazu beiträgt, den hypnotischen Zustand des Thieres herbeizuführen. Kircher hatte zwar ganz richtig erkannt, dass der Kreidestrich in seinem Experiment von Einfluss und Wirkung ist, wenn er auch die Art dieses Einflusses geradezu kindisch deutet, und nicht ahnt, dass der Strich selbst ganz entbehrlich ist.

Jedes andere Object, welches den Blick und die Aufmerksamkeit des Huhns auf sich zieht und gefangen nimmt, leistet dasselbe, wie der Strich, ja oft noch in auffälligerer Weise, weil man nicht nöthig hat, den Kopf auf eine Unterlage niederzudrücken, auf der man zeichnen muss.

Ich habe Hühner in hockender Stellung vor ein Gestell gesetzt, an welchem ein Korkstöpsel, eine Glaskugel u. dgl. in solcher Höhe befestigt worden war, dass dies Object gerade vor der *Glabella* des knapp herangeschobenen Huhns zu stehen kam. Es genügten dann oft wenige Secunden, das Huhn in dieser Position festzuhalten, um es in mehr oder weniger tief hypnotischen Zustand zu versetzen und nach dem Loslassen minutenlang ganz frei und regungslos vor dem Gestelle sitzen bleiben zu sehen.

Noch überraschender war es, als ich einem in hockender Stellung niedergehaltenen Huhn ein kurzes Stück Bindfaden, oder ein geknicktes Holzstäbchen, wie ein Reiterlein, quer über

die Schnabelwurzel hängte. Dabei war oft sehr deutlich zu sehen, wie sich die Augen des Huhns starr nach den knapp vor ihnen herabhängenden Enden des Reiterleins wendeten — und dann konnte das Huhn ganz frei gelassen werden und blieb minutenlang mit offenen Augen regungslos sitzen; ja es kam vor, dass das Huhn, nachdem es 6—8 Minuten so dagesessen hatte, allmälig seine Augen schloss und in einen mehr oder weniger tiefen Schlaf verfiel, bei dem sich die Glieder lösten und der Kopf herabsank bis die Schnabelspitze die Tischplatte berührte.

Der Kreidestrich selbst ist aber nicht nur insoferne entbehrlich, als er durch jedes andere geeignete Fixationsobject, sogar mit Vortheil, ersetzt werden kann, sondern er ist es, wie meine ersten Controlversuche zu dem Kircher'schen Experiment lehrten, — ganz und gar, d. h. man braucht den Kreidestrich gar nicht hinzumalen, und auch kein anderes bestimmtes Fixationsobject anstatt desselben darzubieten, und doch werden die Hühner deutlich hypnotisch.

Ich bin jetzt geneigt, für diese Fälle anzunehmen, dass das Geradestrecken und Niederhalten des Halses und Kopfes, statt jene problematische leise Dehnung oder Zerrung und Pressung gewisser Rückenmarks- und Hirntheile zu bewirken, vielmehr das geängstigte Huhn veranlassen dürfte, wenn weder der Kreidestrich, noch sonst ein Ersatzobject, welches den Blick auf sich zieht, an seiner Statt vorhanden ist, ins Leere vor sich hinzustarren und sich hierdurch zu hypnotisiren.

Vielleicht spielt ein ähnlicher Umstand auch bei der Hypnotisirung der kleinen Vögelchen mit, welchen man ja ebenfalls kein bestimmtes Fixationsobject für den Blick und die Aufmerksamkeit darbietet.

Doch alles dies muss späteren Untersuchungen anheimgestellt werden.

Hier will ich zum Schlusse meines Berichtes über die beobachteten Thatsachen nur noch hervorheben, dass die Hühner, welche in hockender Stellung vermittelst des „Reiterleins" hypnotisirt worden waren, auch die schönsten kataleptischen Erscheinungen zeigten. Ich konnte den Kopf dieser Hühner hoch emporheben oder bis zur Berührung mit der Tischplatte, auf der sie sassen, herabdrücken — er blieb in jeder der gegebenen

Stellungen stehen, wie wenn er auf einem Halse von Wachs sässe!

Dies und was ich sonst über die eigenthümlichen Zustände und Erscheinungen mitgetheilt habe, welche bei Thieren durch die angegebenen Manipulationen hervorgerufen werden können, sind unzweifelhaft echte „hypnotische“ Phänomene, wie sie bei manchen Menschen, welche längere Zeit hindurch einen sonst bedeutungslosen Gegenstand mit unverwandtem Blick und concentrirter Aufmerksamkeit fixiren, beobachtet werden.

Es ist bekannt, dass im Jahre 1841 M. Braid, ein schottischer in Manchester etablirter Chirurg, welcher den öffentlichen Schaustellungen des „Magnetiseurs“ Lafontaine beigewohnt hatte, zuerst auf die Idee kam, Versuche anzustellen, um die Haltlosigkeit jener Theorie nachzuweisen, nach welcher die hervorgerufenen sog. „magnetischen“ Zustände durch die Übertragung eines vom Operateur ausströmenden geheimnissvollen Princips auf das zu magnetisirende Individuum bewirkt sein sollten. Braid's Versuche beweisen aufs klarste, dass ganz ähnliche schlafartige Zustände, ohne alle Intervention eines sog. „Magnetiseurs“ und seiner Manipulationen von den betreffenden Versuchsindividuen selbst willkürlich hervorgerufen werden können, indem sie einen beliebigen leblosen Gegenstand durch längere Zeit mit gespannter Aufmerksamkeit und unverwandtem Blick fixiren. Nach Braid's Bericht hatten sich z. B. bei einer Gelegenheit, in Gegenwart von 800 Zuschauern, zehn von vierzehn erwachsenen Männern durch dieses einfache Verfahren in „hypnotische“ Zustände versetzt.

Alle hatten den Versuch zu gleicher Zeit begonnen; die einen, indem sie die Augen auf einen an ihrer Stirn vorspringend befestigten Kork richteten, die anderen, indem sie mit ihrem Blick beliebig gewählte Punkte im Versammlungslocal fixirten. Schon nach 10 Minuten hatten sich die Augenlieder dieser zehn Personen unwillkürlich geschlossen.

Bei einigen blieb dabei das Bewusstsein erhalten, andere waren in Katalepsie und vollständige Unempfindlichkeit gegen Nadelstiche verfallen, Andere endlich wussten beim Erwachen von allem, was während ihres Schlafes geschehen war, absolut nichts. Ja noch mehr, drei Personen aus der Zuhörerschaft fan-

den sich ebenfalls eingeschlafen, indem sie ohne Wissen Braid's das angegebene Verfahren befolgt hatten, welches einfach darin bestand, den Blick starr auf einen Punkt im Versammlungslocal zu richten.

Braid's Versuche fanden nicht jene bleibende Beachtung, welche sie verdienten, was sich jedoch aus ihrer unliebsamen Verquickung mit dem Mesmerismus hinreichend erklären dürfte, obschon gerade jener Lafontaine, dessen „magnetische“ Vorstellungen für Braid die erste Veranlassung zu seinen Untersuchungen waren, nicht ohne Leidenschaft gegen eine Identificirung der von Braid erhaltenen Resultate mit seinen mesmerischen Kunstproductionen protestirte.

Dann trat aber nicht lange darauf, gegen 1848, der Amerikaner M. Grimes mit seiner Electro-Biologie hervor, und es folgte jene intellectuelle Epidemie der Mediumwirthschaft, der Geister-Manifestationen und des ganzen Spiritismus, welcher sich rasch und in erschreckender Ausdehnung über Europa verbreitete, so dass auch der Hypnotismus oder Braidismus in Misscredit und Vergessenheit gerathen musste.

Nur einmal — freilich nur für kurze Zeit — fesselte der Hypnotismus das ernste wissenschaftliche Interesse, als nämlich Velpeau und Broca im Jahre 1860 der Société de Chirurgie in Paris ihren enormes Aufsehen machenden Bericht über eine schmerzhafte Operation erstatteten, welche sie an einer durch Hypnotisiren anästhetisch gemachten 24jährigen Frau ausgeführt hatten.

Ad 2. Damals wurde in den Journalen auch vielfach der Versuche über „Hypnotisation“ der Hühner gedacht, deren Beschreibung in einem Werke des Pater Kircher gefunden worden sei.

Allein, so viel mir bekannt ist, hat trotz alledem Niemand weder die Mühe aufgewendet, das thatsächliche Vorkommen echter hypnotischer Erscheinungen bei Thieren nachzuweisen und zu constatiren, noch auch die Wichtigkeit und Bedeutung eines solchen Nachweises für die wissenschaftliche Behandlung und Lösung der Frage vom Wesen des Hypnotismus überhaupt eingesehen, welche, wie ich meine, darin begründet ist, dass bei Thieren jeder Verdacht an absichtliche Täuschung und Betrug

von vornherein absolut ausgeschlossen, dagegen aber die Anwendung und Ausnützung aller Hilfsmittel der exacten Experimental-Untersuchung, bis zu vivisectorischen Eingriffen, gestattet ist.

Von diesem Gesichtspunkte aus habe ich mich für verpflichtet gehalten, die vorstehend zusammengestellten Versuche und Beobachtungen der verehrlichen Classe mitzutheilen und durch ihre Vermittlung der Öffentlichkeit zu übergeben.

XXVIII. SITZUNG VOM 12. DE

In Verhinderung des Präsidenten füh
v. Burg den Vorsitz.

Herr Prof. Leopold Gegenbauer
eine Abhandlung, betitelt: „Entwickelung
X_n^{2r+1}."

Herr Prof. Dr. V. v. Lang hält einen
nauigkeit der Tiefenmessung mit dem Mikr

Herr Prof. Dr. S. Stern überreich
„Über den inneren Mechanismus der insp
rung der Lungen."

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Akademie der Wissenschaften, k. k., z
Tom XX & XXI. Kraków, 1872; 8°.
Poloniacarum. Tomus I. 8°. — Statut A
w Krakowie. Kraków, 1872; 8°. —
artis Cracoviensia. Fasc. I. 1872; 4°.

— — Königl. Preuss., zu Berlin: Monats
Berlin; 8°.

Alpen-Verein, Deutscher und österrei
Heft 1 & 2. München, 1871; 8°.

Annales météorologiques de l'Observatoir
Par A. Quetelet. IIe—Ve Années.
1871; 4°.

Astronomische Nachrichten. Nr. 1913
1872; 4°.

Barrande, Joachim, Crustacés divers et
siluriens de la Bohême. Prague & Paris

Comitato, R., geologico d'Italia: Bolletti
e 10. Firenze; 8°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences. Tome LXXV, Nr. 22. Paris, 1872; 4°.

Gesellschaft, Geographische, in Wien: Mittheilungen. Bd. XV (neuer Folge V.), Nr. 11. Wien, 1872; 8°.

— Berliner Medicinische: Verhandlungen. I. Heft. (1866); und Jahrg. 1869, 1870, 1871. Berlin; 1866 & 1872; 8°.

— neurussische, der Naturforscher zu Odessa; Zapiski. I. Bd., nebst Beilage I & II. Odessa, 1872; 8°.

— kais. russ. geographische, zu St. Petersburg: Bericht für das Jahr 1871. St. Petersburg, 1872; 8°. — Séances du 5 Mai 1871, 12 Janvier, 9 Février, 8 Mars, 8 Avril et 3 Mai 1872. 4°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXII. Jahrgang, Nr. 49. Wien, 1872; 4°.

Grunert, Joh. Aug., Archiv der Mathematik & Physik. LIV. Theil, 3. Heft. Greifswald, 1872; 8°.

Halley's Magnetic Chart in the Year 1700. Gross-Folio.

Jahresbericht über die Fortschritte der Chemie, von Alex. Naumann. Für 1870. 1. und 3. Heft. Giessen, 1872; 8°.

Journal für praktische Chemie, von H. Kolbe. N. F. Band VI. 4. & 5. Heft. Leipzig, 1872; 8°.

Kiel, Universität: Akademische Schriften aus dem Jahre 1871. Band XVIII. Kiel, 1872; 4°.

Landbote, Der steirische. 5. Jahrgang, Nr. 25. Graz, 1872; 4°.

Lotos. XXII. Jahrgang. September, October 1872. Prag; 8°.

Lyceum of Natural History in the City of New York: Annals, Vol. IX, Nr. 13 (1870); Vol. X, Nrs. 1—7. (1871). New-York; 8°. — Proceedings. Vol. I. Sign. 1—15. 8°.

Moniteur scientifique, par Quesneville. 3e Série, Tome II. 372e Livraison. Paris, 1872; 4°.

Osservatorio del R. Collegio Carlo Alberto in Moncalieri: Bullettino meteorologico. Vol. VI, Nr. 10. Firenze, 1871; 4°.

Programm des k. Ober-Gymnasiums zu Zengg am Schlusse des Schuljahres 1871/72. Agram; 4°.

Repertorium für Experimental-Physik etc. von Ph. Carl. VIII. Band, 5. Heft. München, 1872; 8°.

„Revue politique et littéraire" et „La Revue scientifique de la France et de l'étranger." IIe Année, 2e Série, Nr. 23. Paris & Bruxelles, 1872; 4^{0}.

Société des Ingénieurs civils: Mémoires et Compte rendu des travaux. 3e Série. 24e Année, 1er & 2e Cahiers. Paris, 1871; 8^{0}. — Séances du 19 Avril au 4 Octobre 1872. 8^{0}.

— Impériale de Médecine de Constantinople: Gazette Médicale d'Orient, XVIe Année, Nrs. 6—7. Constantinople, 1872; 4^{0}.

— des Sciences physiques et naturelles de Bordeaux: Mémoires. Tome VIII, 4e Cahier. Paris & Bordeaux, 1872; 8^{0}.

Verein für deutsche Nordpolfahrt zu Bremen: 17.—20., 24.—27. Versammlung. 1871—1872; 8^{0}.

Vidal, Léon, Calcul des temps de pose ou tables photométriques portatives etc. Paris, 1865; kl. 8^{0}. — Education et conservation du loup (Bar) à l'état de stabulation dans des viviers de la ferme aquicole de Port-de-Bouc. 8^{0}. — Education du muge etc. 8^{0}. — Essais de mythiliculture etc. 8^{0}. — De la pisciculture par éclosion artificielle. Marseille, 1867; 8^{0}. — Photographie au charbon. Paris, 1869 & 1870; kl. 8^{0}. — De l'art photographique considérée au point de vue industriel. Marseille, 1870; 8^{0}. — De l'action du froid sur les poissons élevés en stabulation. Marseille, 1871; 8^{0}. — Monographie de la moule. Marseille, 1872; 8^{0}.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXII. Jahrgang. Nr. 49. Wien. 1872; 4^{0}.

XXIX. SITZUNG VOM 19. DECEMBER 1872.

Der Senat der k. Universität zu München übersendet mit Zuschrift vom 11. December l. J. ein Exemplar der Universitätschronik für das Jahr 1871/72, und dankt gleichzeitig für die Betheiligung der kais. Akademie an dem 400jährigen Stiftungsfeste dieser Hochschule.

Der Secretär legt folgende eingesendete Abhandlungen vor:

„Über die Monochloritamalsäure", vom Herrn Th. Morawski, Assistenten an der technischen Hochschule in Graz, eingesendet und empfohlen durch Herrn Prof. Dr. J. Gottlieb.

„Über ein Integrationstheorem von Abel", vom Herrn Wenzel Grünert, Assistenten am k. k. technischen Institute in Brünn.

„Über Axenbestimmung von Central-Projectionen der Flächen zweiten Grades", vom Herrn Karl Pelz, Assistenten am deutschen Polytechnikum in Prag.

Herr Regierungsrath Dr. K. v. Littrow legt eine Abhandlung: „Zur Kenntniss der kleinsten sichtbaren Mondphasen" vor.

Herr Director Dr. J. Stefan überreicht eine Abhandlung: „Über die mit dem Soleil'schen Doppelquarz ausgeführten Interferenzversuche."

An Druckschriften wurden vorgelegt:

Apotheker-Verein, allgem.-österr.: Zeitschrift. 10. Jahrgang, Nr. 35. Wien, 1872; 8°.

Astronomische Nachrichten. Nr. 1914. (Bd. 80, 18.) Altona, 1872; 4°.

Bern, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften aus d. J. 1870/71. fol., 4° & 8°.

Bonn, Universität: Akademische Gelegenheitsschriften aus d. J. 1871. 4° & 8°.

Chronik der Ludwig-Maximilians-Universität München für das Jahr 1871/72. München, 1872; 4°.

Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences Tome LXXV, Nr. 23. Paris, 1872; 4°.

Denza, Francesco, Intorno alle aurore polari del primo quadrimestre dell' anno 1872. Milano, 1872; 8°.

Gewerbe-Verein, n.-ö.: Wochenschrift. XXXII. Jahrgang, Nr. 50. Wien, 1872; 4°.

Institut, geodätisches: Maassvergleichungen. 1. Heft. Berlin, 1872; 4°. — General-Bericht über die europäische Gradmessung für das Jahr 1871. Berlin, 1872; 4°.

Knoblauch, Hermann, Über den Durchgang der Wärmestrahlen durch geneigte diathermane Platten. Berlin, 1872; 8°.

Landwirthschafts-Gesellschaft, k. k., in Wien: Verhandlungen und Mittheilungen. Jahrgang 1872, Nr. 24. Wien; 8°.

Melsens, Note sur les plaies produites par les armes à feu etc. Bruxelles, 1872; 8°.

Nature. Nr. 163, Vol. VII. London, 1872; 4°.

Reichsanstalt, k. k. geologische: Verhandlungen. Jahrgang 1872, Nr. 15. Wien; 4°.

„Revue politique et littéraire" et „La Revue scientifique de la France et de l'étranger." IIe Année, 2e Série, Nr. 24. Paris & Bruxelles, 1872; 4°.

Rosetti, Francesco, Di una curiosa ed elegante esperienza elettrica. 8°. — Uso della macchina di Holtz in alcune ricerche elettrometriche sui condensatori elettrici. Memoria I. Padova, 1872; 8°.

Scacchi, Arcangelo, Contribuzioni mineralogiche per servire alla storia dell' incendio Vesuviano del mese di aprile 1872. Napoli, 1872; 4°. — Sulle forme cristalline di alcuni composti di toluene. Napoli, 1870; 4°. — Notizie preliminari di alcune specie mineralogiche rinvenute nel Vesuvio dopo l'incendio di aprile 1872. 4°.

Société d'Histoire naturelle de Colmar: Bulletin. 12e et 13e années. 1871 et 1872. Colmar, 1872; 8°.

Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève: Mémoires. Tome XXI, 2de Partie. Paris & Bâle, 1872; 4°.

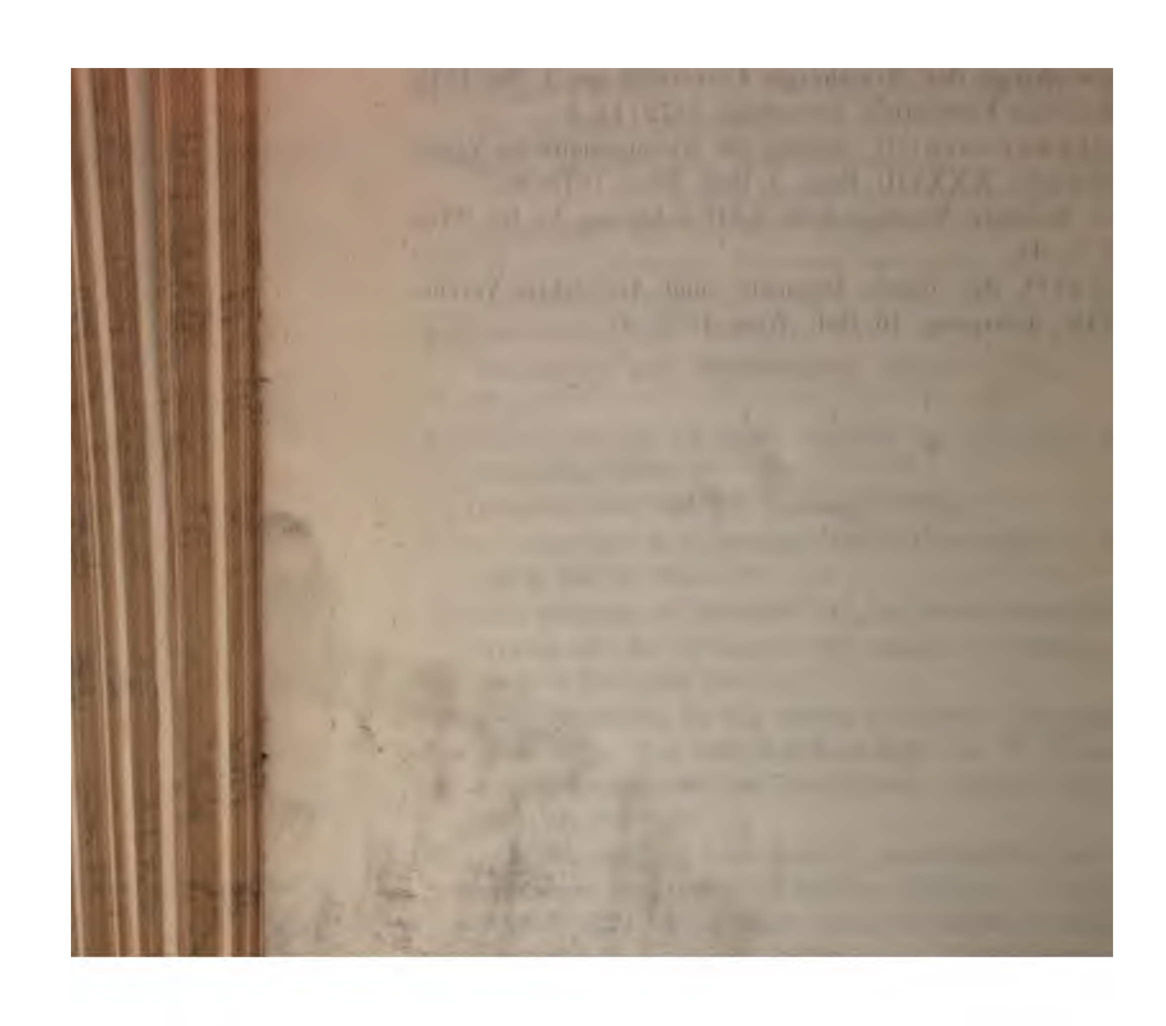
Stingl, Joh., Über das Weichmachen des Wassers mittelst Kalkwasser. (Aus Dingler's polytechn. Journal, Bd. CCVI. 1872.) 8°.

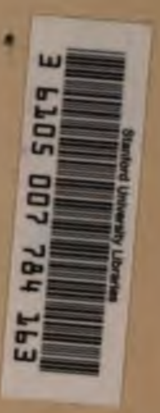
Strassburg, Universität: Zur Geschichte derselben. Festschrift zur Eröffnung der Universität Strassburg am 1. Mai 1872, von August Schricker. Strassburg, 1872; kl. 4°. — Die Einweihung der Strassburger Universität am 1. Mai 1872. Officieller Festbericht. Strassburg, 1872; kl. 4°.

Vierteljahresschrift, österr., für wissenschaftliche Veterinärkunde. XXXVIII. Band, 1. Heft. Wien, 1872; 8°.

Wiener Medizin. Wochenschrift. XXII. Jahrgang, Nr. 50. Wien, 1872; 4°.

Zeitschrift des österr. Ingenieur- und Architekten-Vereins. XXIV. Jahrgang, 16. Heft. Wien, 1872; 4°.




Stanford University Libraries
3 6105 007 784 163

